



UNIVERSIDAD DE JAÉN  
*Escuela Politécnica Superior de Jaén*

Trabajo Fin de Grado

# ESTUDIO ENERGÉTICO DE INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN

**Alumno: Álvaro Navarrete Toledano**

Tutor: Miguel Ángel García Gutiérrez  
Dpto: Departamento de Ingeniería Gráfica,  
Diseño y Proyectos

**Octubre, 2015**





Universidad de Jaén  
Escuela Politécnica Superior de Jaén  
Departamento de Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Don Miguel Ángel García Gutiérrez , tutor del Trabajo de Fin de Grado titulado:  
Estudio Energético de Instalación de Climatización, que presenta Álvaro  
Navarrete Toledano, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la  
Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Octubre de 2015

El alumno:

Álvaro Navarrete Toledano

El tutor:

Miguel Ángel García Gutiérrez



# Índice

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. PRESENTACIÓN Y ALCANCE .....                                                                                               | 7  |
| 2. ANTECEDENTES.....                                                                                                          | 9  |
| 2.1. Contexto energético.....                                                                                                 | 9  |
| 2.1.1. Análisis de la situación energética europea a partir de los años 90 .....                                              | 9  |
| 2.1.2. Situación energética en España .....                                                                                   | 11 |
| 2.1.3. Estrategia de eficiencia energética de Andalucía.....                                                                  | 19 |
| 2.2. Normativa vigente relativa a la eficiencia energética en la edificación en España.....                                   | 20 |
| 2.2.1. Código Técnico de la Edificación (CTE).....                                                                            | 20 |
| 2.2.2. Reglamento de instalaciones térmicas de edificios (RITE).....                                                          | 22 |
| 2.2.3. Procedimiento básico para la certificación energética de edificios .....                                               | 22 |
| 2.3. Medidas de apoyo económico .....                                                                                         | 24 |
| 3. HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO DE LA DEMANDA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA .....                                                   | 27 |
| 3.1. LIDER.....                                                                                                               | 27 |
| 3.2. CALENER .....                                                                                                            | 27 |
| 3.3. Herramienta unificada LIDER-CALENER (HULC).....                                                                          | 28 |
| 3.4. CE3 y CE3X .....                                                                                                         | 29 |
| 3.5. CERMA .....                                                                                                              | 29 |
| 4. APLICACIÓN.....                                                                                                            | 31 |
| 4.1. Cálculo de la demanda energética en la HU.....                                                                           | 31 |
| 4.1.1. Opciones generales.....                                                                                                | 31 |
| 4.1.2. Modelización del edificio.....                                                                                         | 37 |
| 4.1.3. Verificación de la demanda energética .....                                                                            | 46 |
| 4.2. Propuestas de mejora.....                                                                                                | 47 |
| 4.2.1. Cambio de acristalamiento en fachada sur + Instalación de salientes + Modificación de la potencia de iluminación ..... | 50 |
| 4.2.2. Instalación de toldos en vez de salientes.....                                                                         | 55 |
| 4.2.3. Otras medidas de mejora.....                                                                                           | 56 |
| 4.3. Cálculo de cargas térmicas.....                                                                                          | 58 |
| 4.4. Instalación de climatización .....                                                                                       | 59 |
| 4.4.1. Sistema VRV a 2 tubos bomba de calor .....                                                                             | 60 |
| 4.4.2. Sistema VRV a 3 tubos con recuperadores de calor.....                                                                  | 69 |
| 4.4.3. Caldera + VRV sólo frío .....                                                                                          | 75 |
| 4.5. Verificación del límite de consumo energético .....                                                                      | 85 |

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| 5. CONCLUSIONES .....                         | 89  |
| 6. BIBLIOGRAFÍA.....                          | 93  |
| ANEXO I: PLANOS.....                          | 95  |
| ANEXO II: TABLA RESUMEN.....                  | 103 |
| ANEXO III: CATÁLOGOS FABRICANTES.....         | 109 |
| ANEXO IV: INFORMES HERRAMIENTA UNIFICADA..... | 117 |

# Índice de Figuras

|                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2-1: Porcentaje consumo energía primaria según fuente de energía. ....                                                                                     | 12 |
| Figura 2-2: Evolución de la intensidad energética en España (2000-2013).....                                                                                      | 13 |
| Figura 2-3: Evolución de la intensidad energética primaria en Europa (2000-2013)...                                                                               | 14 |
| Figura 2-4: Evolución de la intensidad energética final en Europa (2000-2013) .....                                                                               | 14 |
| Figura 2-5: Porcentaje de ahorro por sector según PNAEE 2014-2020 .....                                                                                           | 17 |
| Figura 2-6: Formato etiqueta eficiencia energética .....                                                                                                          | 24 |
| Figura 3-1: Resumen herramientas para la certificación energética.....                                                                                            | 30 |
| Figura 4-1: Pestaña de datos administrativos .....                                                                                                                | 32 |
| Figura 4-2: Pestaña de datos generales .....                                                                                                                      | 34 |
| Figura 4-3: Perfil de uso no residencial: 12h .....                                                                                                               | 36 |
| Figura 4-4: Coeficiente de transmisión máximo según tipo de cerramiento.....                                                                                      | 38 |
| Figura 4-5: Composición del muro exterior .....                                                                                                                   | 38 |
| Figura 4-6: Composición del forjado exterior.....                                                                                                                 | 39 |
| Figura 4-7: Composición de la solera.....                                                                                                                         | 39 |
| Figura 4-8: Composición de los tabiques interiores.....                                                                                                           | 39 |
| Figura 4-9: Composición del forjado interior.....                                                                                                                 | 39 |
| Figura 4-10: Primera planta fachada oeste y zonificación .....                                                                                                    | 42 |
| Figura 4-11: Primera planta fachada sur con forjado interior.....                                                                                                 | 42 |
| Figura 4-12: Zonificación de la segunda planta vista fachada sur .....                                                                                            | 43 |
| Figura 4-13: Fachada oeste .....                                                                                                                                  | 43 |
| Figura 4-14: Edificio completo vista fachada oeste .....                                                                                                          | 44 |
| Figura 4-15: Edificio completo vista fachada este .....                                                                                                           | 44 |
| Figura 4-16: Edificio completo con elemento de sombra.....                                                                                                        | 45 |
| Figura 4-17: Resultado para la demanda energética conjunta del edificio.....                                                                                      | 47 |
| Figura 4-18: Demandas por componente del edificio en conjunto .....                                                                                               | 48 |
| Figura 4-19: Porcentaje de pérdida térmica según componente durante el invierno y porcentaje de ganancia de calor por componente en verano, respectivamente ..... | 49 |
| Figura 4-20: Demanda por componente en el espacio P03_E23. ....                                                                                                   | 50 |
| Figura 4-21: Edificio final con salientes en fachada sureste .....                                                                                                | 51 |
| Figura 4-22: Fracción en sombra de la ventana sin salientes.....                                                                                                  | 52 |
| Figura 4-23: Fracción en sombra de la ventana con salientes .....                                                                                                 | 52 |
| Figura 4-24: Resultado para la demanda energética conjunta del edificio con las modificaciones propuestas .....                                                   | 53 |
| Figura 4-25: Demanda por componente tras las modificaciones propuestas .....                                                                                      | 54 |
| Figura 4-26: Factor de sombra para obstáculo de fachada: toldos.....                                                                                              | 55 |

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 4-27: Resultado para la demanda energética conjunta del edificio final .....                           | 56 |
| Figura 4-28: Demanda energética y cargas térmicas del edificio completo .....                                 | 59 |
| Figura 4-29: Bomba de calor en modo refrigeración .....                                                       | 61 |
| Figura 4-30: Bomba de calor en modo calefacción .....                                                         | 61 |
| Figura 4-31: Compresor convencional vs compresor Inverter .....                                               | 62 |
| Figura 4-32: Esquema VRV a 2 tubos.....                                                                       | 64 |
| Figura 4-33: Consumos de energía final, energía primaria no renovable y emisiones del edificio.....           | 67 |
| Figura 4-34: Etiqueta de eficiencia energética .....                                                          | 68 |
| Figura 4-35: Esquema VRV a 3 tubos. Fuente: Mitsubishi .....                                                  | 69 |
| Figura 4-36: Comparativa del diagrama p-h del ciclo de refrigeración para ambos sistemas. Fuente: Daikin..... | 70 |
| Figura 4-37: Consumos de energía final, energía primaria no renovable y emisiones del edificio.....           | 74 |
| Figura 4-38: Etiqueta de eficiencia energética .....                                                          | 74 |
| Figura 4-39: Sistema monotubular. Fuente: Salvador Escoda .....                                               | 76 |
| Figura 4-40: Sistema bitubular. Fuente: Salvador Escoda .....                                                 | 77 |
| Figura 4-41: Consumos de energía final, energía primaria no renovable y emisiones del edificio.....           | 82 |
| Figura 4-42: Etiqueta de eficiencia energética .....                                                          | 82 |
| Figura 4-43: Etiqueta eficiencia energética .....                                                             | 83 |
| Figura 4-44: Consumos de energía final, energía primaria no renovable y emisiones del edificio.....           | 84 |
| Figura 4-45: Consumo energético primario de energía no renovable sistema VRV ...                              | 86 |
| Figura 4-46: Consumo energético primario de energía no renovable caldera biomasa + Sistema VRV sólo frío..... | 87 |



## Índice de Tablas

Tabla 2-1: Cantidad de energía primaria consumida por fuente de energía. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 2-2: Contribución prevista de ahorro energético para el sector edificios..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 4-1: Caudales de aire exterior, en  $\text{dm}^3/\text{s}$  por persona ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 4-2: Caudal de ventilación según dato  $\text{ren}/\text{h}$  ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 4-3: Potencia máxima de iluminación permitida según el tipo de edificio.... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 4-4: Carga interna en función de la densidad de las fuentes internas ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 4-5: Propiedades de las ventanas definidas ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 4-6: Porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta respecto al edificio de referencia, en %. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 4-7: Propiedades de las nuevas ventanas definidas en la fachada sur ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 4-8: Demanda de ACS según tipo de edificio ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 4-9: Coeficientes de paso para cada fuente de energía ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 4-10: Rendimiento mínimo intercambiador de calor según RITE..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 4-11: Tabla resumen calderas..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 4-12: Escala de calificación para edificios de otros usos..... **¡Error! Marcador no definido.**

## Siglas y acrónimos

|             |                                                                                                                          |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ACS         | Agua Caliente Sanitaria                                                                                                  |
| AICIA       | Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía                                                        |
| ATECYR      | Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración                                                             |
| CALENER     | Aplicación Informática para la Calificación Energética de Edificios                                                      |
| CALENER GT  | Aplicación Informática para la Calificación Energética de Grandes Edificios Terciarios                                   |
| CALENER VYP | Aplicación Informática para la Calificación Energética de Viviendas y Pequeños y medianos Edificios Terciarios           |
| COP         | Coeficiente de Operación                                                                                                 |
| CTE         | Código Técnico de la Edificación                                                                                         |
| DA-DB-H1    | Documento de Apoyo de DB-HE1                                                                                             |
| DB          | Documento Básico del Código Técnico de la Edificación                                                                    |
| DB-HE       | Documento Básico del Código Técnico de la Edificación sobre Ahorro de Energía                                            |
| DB-HE0      | Documento Básico del Código Técnico de la Edificación sobre Ahorro de Energía: Limitación del consumo energético         |
| DB-HE1      | Documento Básico del Código Técnico de la Edificación sobre Ahorro de Energía: Limitación de demanda energética          |
| DB-HE2      | Documento Básico del Código Técnico de la Edificación sobre Ahorro de Energía: Rendimiento de las Instalaciones Térmicas |
| HE1         | Exigencia Básica 1 del DB-HE                                                                                             |
| HE2         | Exigencia Básica 2 del DB-HE                                                                                             |
| HU          | Herramienta Unificada                                                                                                    |
| HULC        | Herramienta Unificada LIDER-CALENER                                                                                      |
| IDAE        | Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía                                                                 |
| IETCC       | Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción                                                                 |
| IVE         | Instituto Valenciano de la Edificación                                                                                   |
| LIDER       | Aplicación informática de Limitación de la Demanda Energética                                                            |
| PIB         | Producto Interior Bruto                                                                                                  |
| PNAEE       | Plan Nacional de Acción Eficiencia Energética                                                                            |
| RITE        | Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios                                                                        |
| TFG         | Trabajo Fin de Grado                                                                                                     |
| UE          | Unión Europea                                                                                                            |
| UE-27       | Unión Europea – 27 países                                                                                                |
| VRV         | Volumen de Refrigerante Variable                                                                                         |

## 1. PRESENTACIÓN Y ALCANCE

En la actualidad la disponibilidad de los recursos naturales y energéticos es cada vez menor y la actividad humana sobre el planeta Tierra, sobre todo en cuanto la emisión CO<sub>2</sub>, está aventurando un cambio climático que puede llegar a destruir parte de la vida tal como la conocemos ahora. Esto está obligando a racionalizar y aplicar estrategias de desarrollo sostenible en toda actividad humana y que se busque la eficiencia, entendida como la una estrategia para conseguir mejores resultados con menos recursos.

La Eficiencia Energética consiste en la reducción de consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir la calidad de vida, asegurando el abastecimiento, protegiendo el medio ambiente y fomentando la sostenibilidad. Ser eficiente energéticamente no consiste solo en poseer las últimas tecnologías sino de saber emplear y administrar los recursos energéticos disponibles de un modo eficaz, lo que requiere desarrollar ciertos procesos de gestión de la energía.

Cuando nos referimos a la Eficiencia Energética no nos circunscribimos a la energía eléctrica, la más utilizada en la industria, sino a cualquier fuente de energía (gasoil, gas, etc.) y a todos los sectores de actividad (industria, transportes, edificación, servicios públicos, comunicaciones, etc.)

Como se puede comprobar en los antecedentes que se ha recopilado para este Trabajo Fin de Grado, los líderes de la UE fijaron en 2007 el objetivo de reducir, a más tardar en 2020, el consumo anual de energía de los países de la Unión en un 20 %.

Esto ha obligado a modificar el Código Técnico de Edificación y el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE) para nuevos edificios y a fomentar la eficiencia energética de los edificios ya construidos mediante ayudas directas a las obras e instalaciones de estos edificios.

El objeto principal de este Trabajo Fin de Grado es realizar una aplicación práctica de cómo un edificio de oficinas ubicado en una zona con temperaturas casi extremas en verano e invierno y con cerramientos de vidrio puede ser eficiente energéticamente y cumplir con el Código Técnico de Edificación en

vigor. También se evalúan diferentes mejoras a realizar en el edificio para que pueda ser más eficiente, tanto a nivel de instalaciones como de la envolvente térmica del edificio y se describen otras que las herramientas para el cálculo de la eficiencia energética puestas a disposición por el Gobierno de España no contemplan en su cálculo.

Como objetivo secundario y visto las dificultades que se han encontrado en las diferentes simulaciones para el cálculo de eficiencia energética con la herramienta facilitada por el Ministerio de Industria, se describen aquellas que han resultado incongruentes en sus resultados o directamente no se han podido introducir para un edificio de oficinas de estas características.

Por último, destacar que no es objeto del presente TFG determinar el impacto económico de las mejoras introducidas, sino la mayor o menor influencia que tienen sobre la demanda energética y la calificación de eficiencia energética del edificio.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. Contexto energético

#### 2.1.1. Análisis de la situación energética europea a partir de los años 90

A partir de los años 90, en Europa se va tomando conciencia sobre la necesidad de reducir el aporte de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Prueba de ello es la aparición de la **Directiva 93/76/CEE** que estaba destinada a reducir las emisiones de gases causantes de efecto invernadero mediante la mejora de la eficacia energética. En ella aparecen por primera vez términos que hoy en día están a la orden del día, tales como la certificación energética de los edificios, la facturación de los gastos de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria en función del consumo real, el aislamiento térmico de los edificios nuevos o la inspección periódica de calderas.

Sin embargo, el propio texto reconoce en sus considerandos que el Tratado de la UE no confiere poderes para legislar en este campo, con lo que no establece verdaderas obligaciones. Por lo tanto, esta indefinición en cuanto a su alcance implicó la dificultad de su aplicación para la mayoría de países miembros.

En relación con esta directiva, y ante la incipiente necesidad de actuar, en 1997 nace el **Protocolo de Kioto**, un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gas metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), siendo tres de ellos gases industriales fluorados: hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), en un porcentaje aproximado de al menos un 5 %, dentro del periodo que va de 2008 a 2012, en comparación a las emisiones de 1990.

El protocolo fue inicialmente adoptado el 11 de diciembre de 1997 en Kioto (Japón), pero no entró en vigor hasta el 16 de febrero de 2005. En noviembre de 2009, eran 187 estados los que habían ratificado el protocolo. Cabe destacar que algunos países como Estados Unidos, mayor emisor de gases de efecto invernadero mundial, no adoptaron el protocolo.

Inspirada por el protocolo de Kioto, en 2002 aparece la **Directiva 2002/91/CE** con el objetivo de fomentar la eficiencia energética de los edificios de la UE, teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como los requisitos ambientales interiores y la relación coste-eficacia.

En consonancia con las políticas anteriores, en 2006 nace la **Directiva 2006/32/CE**, que deroga a la Directiva de 1993. El objetivo principal es que los Estados miembros fijen y cumplan un objetivo orientativo de ahorro de energía de un 9 % desde su implantación hasta el año 2016, en el contexto de un Plan Nacional de Acción para la Eficiencia Energética (PNAEE).

Por último, en 2010 se pretende reducir las diferencias considerables entre Estados miembros en cuanto a eficiencia energética de los edificios. Así, se dispone la **Directiva 2010/31/CE**, que deroga a la anteriormente comentada de 2002. Sus disposiciones regulan la energía necesaria para la calefacción de las instalaciones, el calentamiento del agua, la refrigeración, la ventilación y la iluminación de los edificios nuevos y existentes, tanto residenciales como no residenciales.

Gracias a esta Directiva, aparece una metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios que tiene en cuenta los siguientes elementos:

- Las características térmicas del edificio (capacidad térmica, aislamiento, etc.)
- La instalación de calefacción y de agua caliente.
- Las instalaciones de aire acondicionado
- La instalación de iluminación incorporada
- Las condiciones ambientales interiores

La influencia positiva de otros elementos como la exposición solar local, la iluminación natural, la producción eléctrica por cogeneración y los sistemas de calefacción y refrigeración también se tienen en cuenta.

Cada vez es más importante para la UE reducir el consumo de energía y evitar su despilfarro. Los líderes de la UE fijaron en 2007 el objetivo de reducir, a más tardar en 2020, el consumo anual de energía de la UE en un 20 %.

El consumo eficiente de energía tiene muchas ventajas: contribuye a que los hogares y las empresas abaraten las facturas de combustible, reduce la dependencia europea de los proveedores externos de petróleo y gas, combate el cambio climático y hace que la economía de la UE sea más sostenible y competitiva. La UE ha fijado unos niveles mínimos de eficiencia energética, así como normas sobre el etiquetado y el diseño ecológico de los productos, los servicios y las infraestructuras. Estas medidas tienen como objeto mejorar la eficiencia en todas las etapas de la cadena energética, desde el suministro hasta la utilización de la energía por los consumidores.

En consecuencia, el 25 de octubre de 2012 se aprobó la **Directiva 2012/27/UE** del Parlamento Europeo y el Consejo relativa a la Eficiencia Energética con el objetivo de crear un marco común para el fomento de la eficiencia energética dentro de la UE, estableciendo acciones concretas que garanticen la consecución del objetivo del 20% previamente indicado.

### **2.1.2. Situación energética en España**

El consumo de energía primaria descendió en España en el año 2014 un 2,2% respecto al año 2013 continuando con la tendencia de descenso iniciada en 2008, en parte como resultado de la desaceleración económica, y también porque las personas y las empresas han respondido a los altos precios de energía y han intensificado su uso eficiente.

Entre las fuentes de energía tradicionales -petróleo, gas natural y carbón- se observa un claro descenso del consumo en los casos de petróleo y gas natural, aunque aún siguen siendo de largo las fuentes de energía más utilizadas. En el caso del carbón, se observa una variación interanual positiva de casi el 14% con respecto al 2013. La principal causa de este aumento es el incremento del precio en Europa del gas natural que provoca que el carbón se convierta en el combustible preferido para la generación de energía.

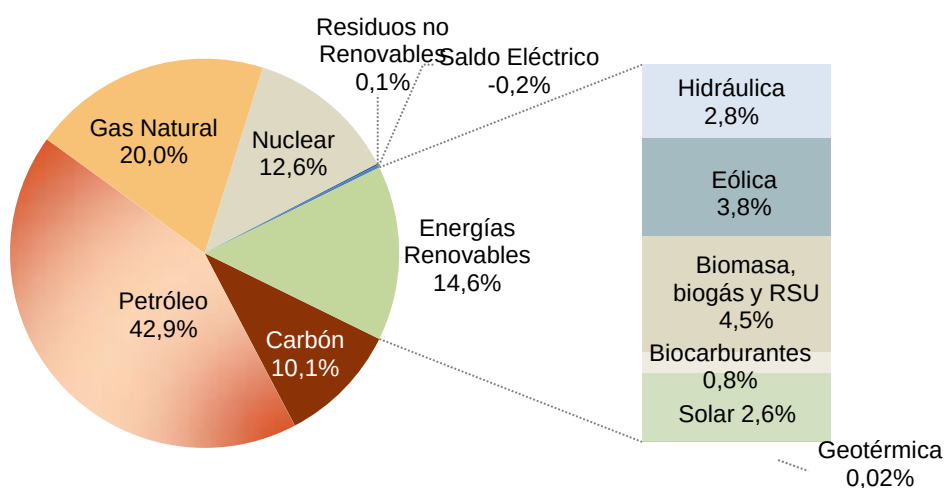
Las energías renovables cubrieron en el año 2014 el 14,6% del consumo de energía primaria, un 0,4% más que en 2013. A pesar del descenso en la aportación eólica, el aumento significativo en otras fuentes de energía renovables como la hidráulica o el biogás llevan a este pequeño aumento del consumo de fuentes no contaminantes.

La tabla 2-1 resume la cantidad de energía primaria consumida para cada fuente de energía, en kilotoneladas equivalentes de petróleo (ktep), así como su variación porcentual con respecto al 2013 y el porcentaje sobre el total, que también está representado en la figura 2-1.

| Unidad de medida: ktep | Enero 2014-Diciembre 2014 | Variación Interanual | % sobre total |
|------------------------|---------------------------|----------------------|---------------|
| Carbón                 | 11.975                    | 13,7%                | 10,1%         |
| Petróleo               | 50.740                    | -4,1%                | 42,9%         |
| Gas Natural            | 23.664                    | -9,3%                | 20,0%         |
| Nuclear                | 14.933                    | 1,0%                 | 12,6%         |
| Residuos no Renovables | 119                       | -25,3%               | 0,1%          |
| Saldo Eléctrico        | -293                      | -49,4%               | -0,2%         |
| Hidráulica             | 3.361                     | 6,3%                 | 2,8%          |
| Eólica                 | 4.493                     | -6,3%                | 3,8%          |
| Biomasa, biogás y RSU  | 5.327                     | 0,2%                 | 4,5%          |
| Biocarburantes         | 969                       | -9,2%                | 0,8%          |
| Solar                  | 3.106                     | 8,8%                 | 2,6%          |
| Geotérmica             | 18                        | 2,8%                 | 0,02%         |
| TOTAL                  | 118.413                   | -2,2%                | 100,0%        |

**Tabla 2-1: Cantidad de energía primaria consumida por fuente de energía.**

**Fuente: IDAE**



**Figura 2-1: Porcentaje consumo energía primaria según fuente de energía.**

**Fuente: IDAE**

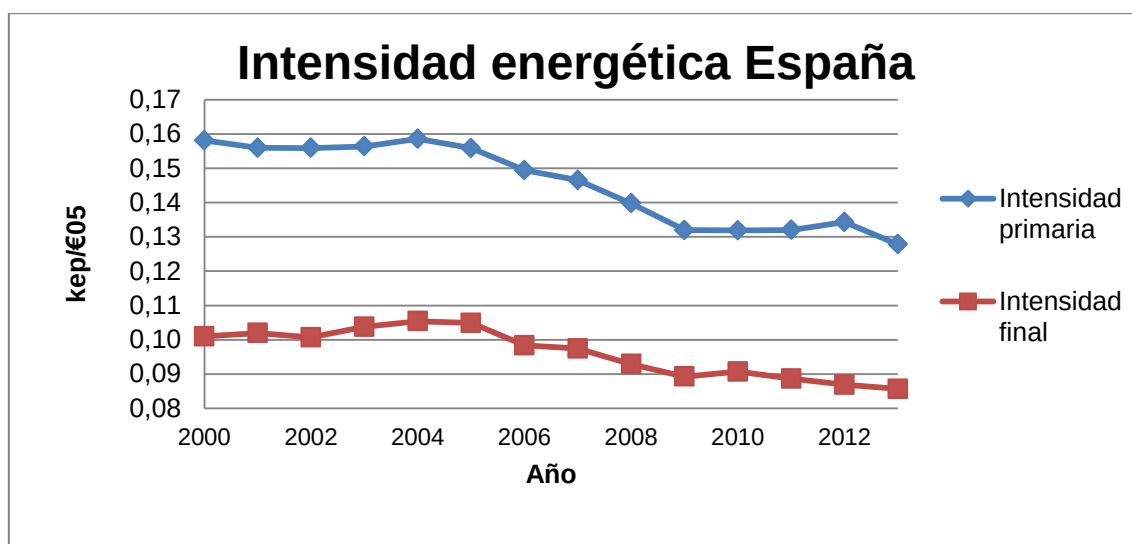


### 2.1.2.1. La intensidad energética en España

La intensidad energética es un indicador de la eficiencia energética de una economía. Se calcula como la relación entre el consumo energético y el producto interior bruto (PIB) de un país. Si esta relación es elevada, indica un coste alto en la "conversión" de energía en riqueza. Se consume mucha energía obteniendo un PIB bajo.

La intensidad primaria en España, es decir, la relación entre el consumo energético de energía primaria y el PIB español, en el último año del que se tienen datos (2013), ha descendido un 4,8% frente a los últimos años donde la tendencia se había estabilizado e incluso existían tasas de variación positiva como en 2012.

El indicador de intensidad final, en cambio, sigue descendiendo (a una tasa del 1,4% en 2013), por lo que la explicación al aumento de la intensidad primaria en años anteriores reside en el uso coyuntural para la generación de energía eléctrica de fuentes de energía con peores rendimientos: carbón o nuclear frente al gas natural o a la generación de energía con fuentes de origen renovable.



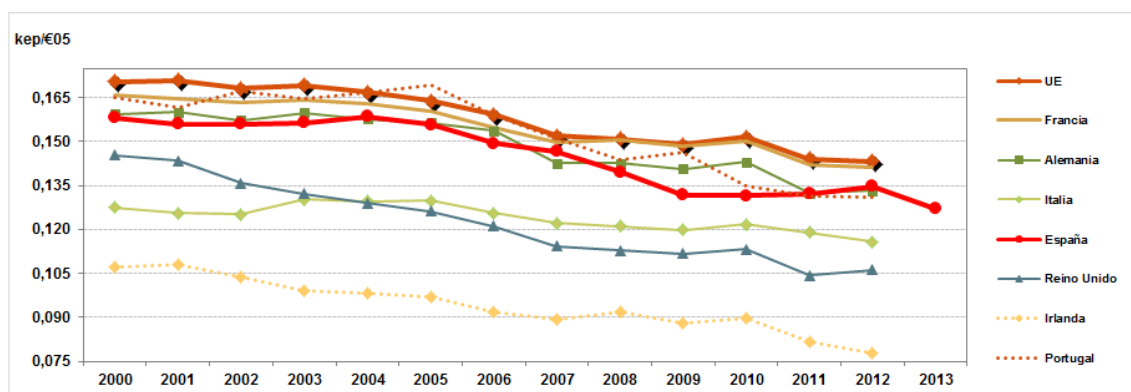
**Figura 2-2: Evolución de la intensidad energética en España (2000-2013)**

Los indicadores de intensidad primaria y final en España y la UE (figuras 2-3 y 2-4) muestran la situación relativa de España con respecto a otros Estados miembros de la Unión Europea. Estos mismos indicadores, calculados a paridad de poder de compra, ponen de manifiesto que el valor del indicador de

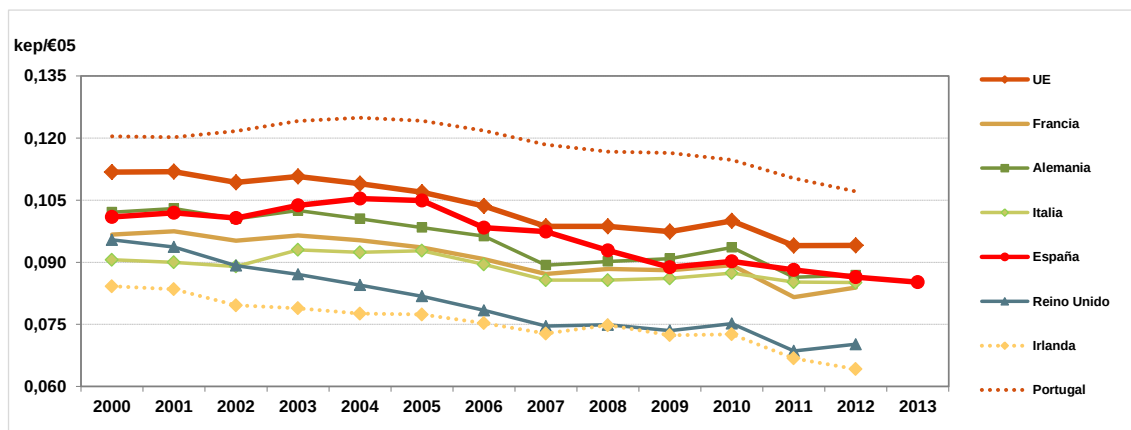
intensidad primaria en España en 2012, representa un 84% del valor del indicador en la Unión Europea, lo que significa que España requiere una cantidad de energía inferior en un 16% a la que se requiere en promedio en la Unión Europea-27 para generar un euro de valor añadido (o producción).

De manera análoga, el indicador de intensidad final en España en comparación con otros Estados miembros, representa un 86% en 2012 del valor del indicador en la Unión Europea.

La evolución de este indicador ha sido, desde 2007, bastante más favorable en España que en la media de la UE-27: mientras que el indicador se ha reducido a una tasa interanual promedio del 2,4% en España, en la UE-27 lo ha hecho tan sólo al 1,3% en ese mismo período. Lo mismo ocurre con el indicador de intensidad primaria. Mientras que la UE-27 ha reducido su intensidad en un 1,5% interanual desde 2005, España lo ha reducido en el mismo período en un 2,9% interanual.



**Figura 2-3: Evolución de la intensidad energética primaria en Europa (2000-2013)**



**Figura 2-4: Evolución de la intensidad energética final en Europa (2000-2013)**

### **2.1.2.2. Producción e importación de energía**

Aunque como se ha visto anteriormente existe una tendencia decreciente del consumo de energía primaria y final en el territorio nacional, aún con este leve descenso España se encuentra lejos de poder autoabastecerse energéticamente, es decir, hay una falta de energía primaria que ha de importarse desde otros países.

Los principales países proveedores de crudo son Arabia Saudí, México y Nigeria, mientras que en el caso de gas natural la gran mayoría del combustible fósil procede de Argelia, y en menor medida de Noruega, Nigeria y Catar.

En total, España importa el 70,5% de la energía primaria que utiliza frente al 53% de media en la UE, cifra considerada ya elevada por las instituciones comunitarias. Aunque esa dependencia ha disminuido significativamente desde 2008, cuando la dependencia ascendía a un 81,3%, el número sigue siendo muy elevado con las implicaciones no sólo económicas y comerciales que ello supone, sino también con unos efectos medioambientales significativos al tratarse mayormente de productos fósiles con un elevado nivel de emisiones de efecto invernadero.

### **2.1.2.3. Plan de acción energética 2014-2020**

El objeto del Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020 es responder a la exigencia del artículo 24.2 de la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, que exige a todos los Estados miembros de la Unión Europea la presentación de estos planes de acción energética, el primero de ellos en abril de 2014 y a continuación cada tres años.

Los Estados miembros están obligados también, de acuerdo con el artículo 24.1 de esa misma Directiva, a informar anualmente de los progresos alcanzados en relación con los objetivos nacionales de eficiencia energética.

Por otra parte, de acuerdo con el artículo 4 de la citada Directiva Europea, España ha elaborado una Estrategia a largo plazo para destina inversiones a la renovación del parque nacional de edificios residenciales y comerciales, tanto

públicos como privados, y se notificará a la Comisión como parte del Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética.

El objetivo de ahorro para España -excluido el sector transporte- alcanza los 21305 ktep. Sin embargo, de acuerdo con la posibilidad articulada en los apartados 2 y 3 del artículo 7 de la Directiva, el objetivo de acumulado de ahorro se reduce hasta los 15979 ktep, para el conjunto del período comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de diciembre de 2020.

Por lo tanto, el objetivo de ahorro anterior equivale a 571 ktep/año, supuesta una distribución lineal del mismo durante todo el período de compromiso 2014-2020.

La contribución de cada sector al objetivo de ahorro de energía de 571 ktep/año es:

El 54,6% (311,6 ktep/año) del objetivo de ahorro se debe conseguir mediante la realización de medidas de ahorro y eficiencia energética dirigidas al sector Industria, con medidas como la adopción de las mejores tecnologías disponibles en equipos y procesos o la implantación de sistemas de gestión energética.

El 25,3% (144,1 ktep/año) del objetivo de ahorro se alcanza mediante medidas en el sector Transporte, como actuaciones de movilidad urbana sostenible y planes de transporte al centro de trabajo seguidas de las de uso más eficiente de los medios de transporte. Se excluyen las medidas de mejora de la eficiencia energética de vehículos.

El 15,3% (87,1 ktep/año) del objetivo se conseguirá mediante medidas en el sector Edificación y Equipamiento. En este escenario, este ahorro provendría de la rehabilitación energética de la envolvente térmica de los edificios existentes, de la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de calefacción, climatización, agua caliente sanitaria, iluminación, etc.

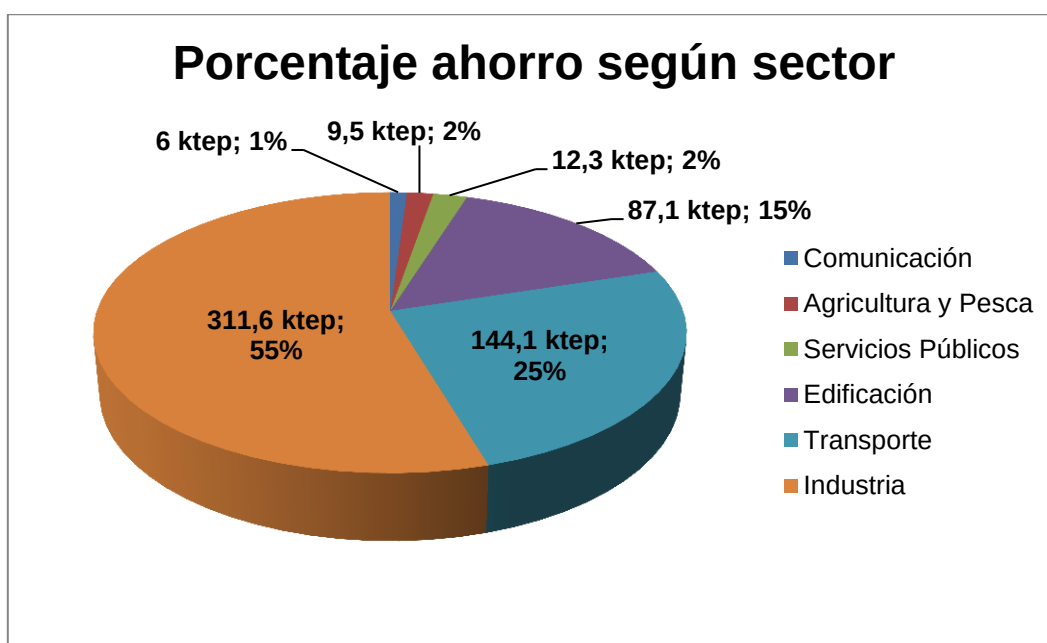
El 2,2% (12,3 ktep/año) del objetivo se alcanzará mediante medidas en el sector Servicios Públicos, teniendo más peso las medidas de renovación del alumbrado exterior y, en menor medida, la mejora de la eficiencia energética de

las instalaciones de potabilización, depuración de aguas residuales y desalación.

El 1,7% (9,5 ktep/año) del objetivo se alcanzará mediante medidas en el sector Agricultura y Pesca, sobre todo la mejora de la eficiencia energética en explotaciones agrarias y en el uso de la maquinaria agrícola.

El 1,1% (6 ktep/año) del objetivo mediante medidas de Comunicación.

Esta distribución queda reflejada en un gráfico de sectores de la siguiente forma:



**Figura 2-5: Porcentaje de ahorro por sector según PNAEE 2014-2020**

El presente Trabajo de Fin de Grado se centra en la eficiencia energética en edificios. Es por ello que se va a profundizar en la reglamentación y medidas de ahorro referentes a ellos.

El consumo de energía final del Sector Edificios ascendió, en el año 2012, a 25534 ktep sobre un consumo total nacional para usos energéticos de 82991 ktep, lo que representa el 30,8% del consumo de energía final nacional para usos energéticos. De este consumo, 15466 correspondieron al sector de edificios de uso doméstico y 10068 ktep al sector de edificios destinados a servicios. El consumo energético español está por debajo de la media europea, así como los consumos de energía primaria y final en el sector servicios.

Para llegar al objetivo de ahorro de 87,1 ktep/año anteriormente mencionado, destacan las medidas de rehabilitación energética de la envolvente térmica con un ahorro de 16,28 ktep/año y la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas con 17,31 ktep/año, seguido por las actuaciones en iluminación interior, que tienen un objetivo de ahorro de 11,09 ktep/año. Debido a la dificultad de obtener una alta calificación en edificios existentes, al requerir una rehabilitación integral, se opta por un tratamiento diferenciado para medidas que atiendan a la envolvente térmica, climatización e iluminación, y desarrollar una medida específica para edificios que opten por una alta calificación energética. En este caso, el objetivo de ahorro asignado es menor, debido a las dificultades de realizar actuaciones integrales de rehabilitación en el parque existente, frente a rehabilitaciones parciales.

En la tabla 2-2 vienen desglosadas las contribuciones previstas de ahorro estimado en la edificación.

|                                                                                                             | Ahorro de energía final previsto (ktep/año) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>EDIFICACIÓN Y EQUIPAMIENTO</b>                                                                           | <b>87,1</b>                                 |
| Rehabilitación energética de la envolvente térmica de los edificios existentes                              | 16,28                                       |
| Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existentes                | 17,31                                       |
| Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior de los edificios existentes | 11,09                                       |
| Rehabilitación de edificios existentes con alta calificación energética                                     | 3,4                                         |
| Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de frío industrial existentes                       | 2,22                                        |
| Renovación de generadores de frío industrial y terciario                                                    | 2,81                                        |
| Mejora de la eficiencia energética en las instalaciones de ascensores y otros sistemas de transporte        | 7,36                                        |
| Implantación de sistemas inteligentes en la edificación existente (domótica, inmótica, smart grids)         | 9,3                                         |
| Mejora de la eficiencia energética de los Centros de Proceso de Datos existentes                            | 2,37                                        |
| Medidas de eficiencia energética en instalaciones eléctricas                                                | 10,64                                       |
| Renovación de electrodomésticos                                                                             | 4,29                                        |
| Medidas de comunicación e información                                                                       | 0,93                                        |

**Tabla 2-2: Contribución prevista de ahorro energético para el sector edificios**

### **2.1.3. Estrategia de eficiencia energética de Andalucía**

El modelo energético que persigue Andalucía se basa en el establecimiento progresivo de una economía baja en carbono y en consecuencia de gases de efecto invernadero, como respuesta a los grandes retos que hoy se plantean en la Unión Europea: alta dependencia energética del exterior, crecimiento económico y competitividad de sus empresas y la protección del medio ambiente.

El Programa PASENER 2007–2013 asentó las bases actuales de la política energética de Andalucía, manteniendo a día de hoy la validez de su mensaje. Si se revisan los documentos de planificación energética más actuales, éstos siguen la senda marcada por el PASENER en cuanto a su discurso. Los objetivos del PASENER presentan un alto grado de cumplimiento, destacando aquellos que tienen relación con las energías renovables donde muchas empresas andaluzas son grandes potencias a nivel nacional.

La finalización de su período de planificación, unido a un nuevo marco europeo y unos nuevos objetivos centrados en el cumplimiento de la Estrategia europea para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador, hace plantear la conveniencia de la redacción de una Estrategia Energética para el período 2014 – 2020.

Los Objetivos de la Estrategia Energética de Andalucía 2014-2020 fijan unas metas determinadas y medibles que permitirán conocer cuantitativamente el grado de adaptación del sistema energético andaluz hacia una posición más descarbonizada, dirigida a la ciudadanía, más eficiente, más renovable, con mayor calidad de suministro y con más valor añadido para la economía andaluza. Los objetivos principales son:

- Reducir un 25% el consumo tendencial de energía primaria.
- Aportar con energías renovables el 25% del consumo final bruto de energía.
- Autoconsumir el 5% de la energía eléctrica generada con fuentes renovables.
- Descarbonizar en un 30% el consumo de energía respecto al de 2007.
- Mejorar en un 15% la calidad del suministro energético.

## **2.2. Normativa vigente relativa a la eficiencia energética en la edificación en España**

### **2.2.1. Código Técnico de la Edificación (CTE)**

El Código Técnico de la Edificación da cumplimiento a los requisitos básicos de la edificación establecidos en la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad, la sostenibilidad de la edificación y la protección del medio ambiente.

El CTE se divide en varios Documentos Básicos, (DB), que se citan a continuación:

- DB-SE: Seguridad Estructural
- DB-SE AE: Acciones en la Edificación
- DB-SE C: Cimientos
- DB-SE A: Acero
- DB-SE F: Fábrica
- DB-SE M: Madera
- DB-SI: Seguridad en caso de incendio
- DB-SU: Seguridad de Utilización
- DB-HS: Salubridad
- DB-HR: Protección frente al ruido
- DB-HE: Ahorro de energía

Se prestará especial atención en el desarrollo del caso práctico del presente trabajo al Documento Básico HE: Ahorro de energía.

El Documento Básico “DB HE Ahorro de energía” especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía.

Para garantizar el cumplimiento de lo establecido por la Directiva 2010/31/UE, de 19 de mayo de 2010, se ha traspuesto al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el



Código Técnico de la Edificación que ha sido actualizado recientemente por la Orden FOM/1635/2013 de 10 de septiembre. Esta orden ha elevado los niveles de exigencia de los requisitos mínimos de eficiencia energética contenidos en los Documentos Básicos de Ahorro de Energía que serán de aplicación en los edificios de nueva construcción, ampliación y rehabilitación de los existentes, que soliciten licencia de obra a partir de marzo de 2014.

El DB-HE se divide a su vez en seis documentos, de los cuales los tres primeros están relacionados con la eficiencia energética en edificios y que por lo tanto son de aplicación para el presente TFG.

- HE 0 Limitación del consumo energético
- HE 1 Limitación de demanda energética.
- HE 2 Rendimiento de las instalaciones térmicas.
- HE 3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
- HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- HE 5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

#### Exigencia básica HE0: Limitación del consumo energético

Limita el consumo de energía primaria no renovable en los edificios nuevos o aquellos que se amplíen cuando su uso sea residencial privado. En el caso de los edificios de otros usos la limitación se establece en base a la calificación energética, mediante el indicador de consumo energético de energía primaria, que debe alcanzar una eficiencia igual o superior a la clase B.

#### Exigencia básica HE 1: Limitación de la demanda energética

Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

### **2.2.2. Reglamento de instalaciones térmicas de edificios (RITE)**

Mediante el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (actualizado mediante el Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del RITE) que regula los requisitos mínimos de rendimiento de las instalaciones térmicas de calefacción, refrigeración, ventilación y producción de agua caliente sanitaria e inspección periódica de eficiencia energética, así como el diseño y dimensionado, montaje y mantenimiento.

Este documento constituye también la exigencia básica HE2.

### **2.2.3. Procedimiento básico para la certificación energética de edificios**

El Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética que deberá incluir información objetiva sobre la eficiencia energética con el fin de que los propietarios o arrendatarios del edificio puedan comparar y evaluar su eficiencia energética.

También desarrolla el procedimiento básico que debe cumplir la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética, considerando aquellos factores que más incidencia tienen en su consumo energético, así como las condiciones técnicas y administrativas para las certificaciones de eficiencia energética de los edificios.

La calificación energética se expresa a través de varios indicadores que permiten explicar las razones de un buen o mal comportamiento energético del edificio y proporcionan información útil sobre los aspectos a tener en cuenta a la hora de proponer recomendaciones que mejoren dicho comportamiento.

Estos indicadores, en base anual y referidos a la unidad de superficie útil del edificio, se obtendrán de la energía consumida por el edificio para satisfacer, en

unas condiciones climáticas determinadas, las necesidades asociadas a unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación.

Los indicadores principales o globales de eficiencia energética son:

- Las emisiones anuales de CO<sub>2e</sub> (CO<sub>2</sub> equivalente)
- El consumo anual de energía primaria no renovable.

Estos indicadores principales incluyen el impacto de los servicios de calefacción, refrigeración, producción de agua caliente sanitaria y, en usos distintos al residencial privado (vivienda), de iluminación, así como la reducción de emisiones o consumo de energía primaria no renovable derivada del uso de fuentes de energía renovables.

También existen indicadores complementarios de eficiencia energética:

- La demanda energética anual de calefacción.
- La demanda energética anual de refrigeración.
- El consumo anual de energía primaria no renovable desagregada por servicios.
- Las emisiones anuales de CO<sub>2e</sub> desagregada por servicios.
- Las emisiones anuales de CO<sub>2e</sub> desagregada por consumo eléctrico y por otros combustibles.

La etiqueta de eficiencia energética muestra la calificación energética de un edificio. La escala de la calificación energética consiste en siete letras correlativas: de la letra A (edificio más eficiente energéticamente) a la letra G (edificio menos eficiente energéticamente). Además también muestra, entre otros datos, información sobre el consumo de energía anual (kWh/año y kWh/m<sup>2</sup>) y sobre el consumo de CO<sub>2</sub> Anual (kgCO<sub>2</sub>/año y kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>).

La figura 2-6 es un ejemplo del formato que presenta la etiqueta:



**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO TERMINADO** ETIQUETA

**DATOS DEL EDIFICIO**

Normativa Vigente Construcción/Rehabilitación:  Tipo de Edificio:

Dirección:

Municipio:

Referencia Catastral:  C.P.:

C. Autónoma:  Cantabria

**ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA**

|                          | Consumo de energía kWh/m² año | Emissiones kgCO <sub>2</sub> /m² año |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| <b>A</b> más eficiente   |                               |                                      |
| <b>B</b>                 |                               |                                      |
| <b>C</b>                 |                               |                                      |
| <b>D</b>                 |                               |                                      |
| <b>E</b>                 |                               |                                      |
| <b>F</b>                 |                               |                                      |
| <b>G</b> menos eficiente |                               |                                      |

**REGISTRO**

Valido hasta dd/mm/aaa

Orden INN/16/2013, de 27 de mayo

ESPAÑA  
Directiva 2010/31/UE

**Figura 2-6: Formato etiqueta eficiencia energética**

### 2.3. Medidas de apoyo económico

Además de la normativa vigente anterior hay que destacar también las medidas de apoyo económico que actualmente están vigentes para la rehabilitación energética de edificios, como:

- **PAREER:** Programa de Ayudas para la Rehabilitación Energética de Edificios Existentes del sector residencial (uso viviendas y hotelero). Tiene como objetivo incentivar y promover la realización de actuaciones integrales que favorezcan el ahorro energético, la mejora de la eficiencia energética y el aprovechamiento de las energías renovables en los edificios existentes. Las ayudas se realizan mediante la modalidad de entrega dineraria sin contraprestación o préstamo reembolsable según la tipología de las actuaciones. Está dotado con 125 millones de euros.
- **Fondo JESSICA-FIDAE**  
Para financiar la rehabilitación de edificios no residenciales
- **Plan PIMA SOL**

Dirigido a financiar la rehabilitación energética de hoteles y promovido por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

- Plan Estatal de fomento de alquiler de viviendas, rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbana, 2013-2016 (Real Decreto 233/2013).

Incluye un programa de fomento de la rehabilitación de edificios de viviendas orientado a la mejora de su eficiencia energética. Son actuaciones subvencionables la mejora de la envolvente térmica del edificio, la instalación de sistemas de calefacción, refrigeración, producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS) y ventilación y las instalaciones comunes de ascensores e iluminación del edificio. Para resultar subvencionables, se debe conseguir una reducción de la demanda energética anual global de calefacción y refrigeración del edificio, referida a la certificación energética, de al menos un 30% sobre la situación previa a dichas actuaciones.



### **3. HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO DE LA DEMANDA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

A continuación se resume brevemente las diferentes herramientas o programas para el cálculo de la demanda y la eficiencia energética:

#### **3.1. LIDER**

La aplicación LIDER (Limitación de la demanda energética) es la implementación informática de la opción general de verificación de la exigencia de limitación de demanda energética (HE 1), establecida en el documento básico de habitabilidad y energía del código técnico de la edificación, ofrecida por el ministerio de la vivienda y por el IDAE, y realizada por el grupo de termotecnia de la asociación de investigación y cooperación industrial de Andalucía, AICIA, con colaboración del instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción, IETCC.

La herramienta informática LIDER ha sido diseñada para la descripción geométrica, constructiva y operacional de los edificios, así como para llevar a cabo todos los cálculos recogidos en el documento básico referido anteriormente, y la impresión de la documentación administrativa pertinente.

La definición de los edificios es compatible con la requerida por el programa base de calificación energética de los edificios, CALENER, en sus diferentes versiones adaptadas a los sectores residencial, pequeño y mediano terciario y gran terciario.

#### **3.2. CALENER**

CALENER es un entorno de aplicaciones y documentos informáticos destinado a la Calificación Energética de edificios.

Existen dos versiones del programa: La versión GT de CALENER realiza la calificación de “Grandes Edificios Terciarios” y la VYP de “Viviendas Y Pequeños y medianos edificios terciarios”. Para decidir qué edificios del sector no-residencial o terciario son grandes y cuáles pequeños y medianos debemos basarnos fundamentalmente en los tipos de sistemas (alcance) de los programas CALENER-VYP y CALENER-GT. Así, se recomienda el uso de

CALENER-GT en aquellas situaciones en las que, debido al tipo de sistema que tiene el edificio, no pueda usarse CALENER-VYP o cualquier otra versión que se desarrolle en el futuro.

CALENER emplea como motor de cálculo el programa DOE-2.2 (Versión 2 del DOE-2. Realizado por el Departamento de Energía de EE.UU. y el Laboratorio Berkeley, es probablemente uno de los programas de análisis energético de mayor prestigio.

### **3.3. Herramienta unificada LIDER-CALENER (HULC)**

Los Ministerios de Fomento y de Industria, Energía y Turismo, y el IDAE han llevado a cabo de forma conjunta un proceso de unificación en una sola plataforma (Herramienta unificada LIDER-CALENER) de los programas oficiales generales LIDER y CALENER y su adaptación a los cambios introducidos por el DB-HE del año 2013.

La Herramienta Unificada (HULC o HU) es una implementación informática que permite obtener los resultados necesarios para la verificación de una serie de exigencias de las Secciones HE0 y HE1 del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) del CTE. La herramienta se ofrece por el Ministerio de Fomento y el IDAE, y ha sido realizada por el Grupo de Termotecnia de la AICIA, con la colaboración del IETCC.

Esta herramienta supone la integración y revisión de los programas LIDER y CALENER-VYP, e incorpora la llamada al programa CALENER-GT.

La HU permite la verificación de las exigencias de los apartados 2.2.1 de la sección HE0, 2.2.1.1 y punto 2 del apartado 2.2.2.1 de la sección HE1 del DBHE. Otras exigencias de las secciones HE0 y HE1 que resulten de aplicación no están contempladas en la HU.

La última versión disponible durante la realización del presente TFG es la 0.9.1377.1014, de 29 de julio de 2015 y cuyo período de pruebas finalizó el 30 de septiembre de este mismo año.



### **3.4. CE3 y CE3X**

Los Programas informáticos CE3 y CE3X, son herramientas informáticas promovidas por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, a través del IDAE, y por el Ministerio de Fomento, que permite obtener la certificación de eficiencia energética de un edificio existente mediante un método simplificado.

El programa se fundamenta en la comparación del edificio objeto de la certificación y una base de datos que ha sido elaborada para cada una de las ciudades representativas de las zonas climáticas, con los resultados obtenidos a partir de realizar un gran número de simulaciones con CALENER. La base de datos es lo suficientemente amplia para cubrir cualquier caso del parque edificatorio español. Cuando el usuario introduce los datos del edificio objeto, el programa parametriza dichas variables y las compara con las características de los casos recogidos en la base de datos.

De esta forma, el software busca las simulaciones con características más similares a las del edificio objeto e interpola respecto a ellas las demandas de calefacción y refrigeración, obteniendo así las demandas de calefacción y refrigeración del edificio objeto.

### **3.5. CERMA**

CERMA es una aplicación que permite la obtención de la calificación de la eficiencia energética en edificios de viviendas existentes o de nueva construcción para todo el territorio español, ofreciendo un estudio detallado para mejorar la calificación obtenida. Esta herramienta ha sido desarrollada por el Instituto Valenciano de la Edificación (IVE) y la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR), con la colaboración técnica del grupo FRED SOL del departamento de Termodinámica Aplicada de la Universidad Politécnica de Valencia, y promovida por la Consellería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda de la Generalitat Valenciana.

En resumen, el esquema de procedimientos a emplear para la Certificación Energética de Edificios es el siguiente:

|                      |            | <b>Certificación energética<br/>de edificios</b> |
|----------------------|------------|--------------------------------------------------|
| Edificios nuevos     | Vivienda   | CALENER VvP<br>CE2<br>CERMA                      |
|                      | Otros usos | CALENER VvP<br>CALENER GT                        |
| Edificios existentes | Vivienda   | CALENER VvP<br>CE3<br>CE3X<br>CERMA              |
|                      | Otros usos | CALENER VvP<br>CALENER GT<br>CE3<br>CE3X         |

**Figura 3-1: Resumen herramientas para la certificación energética**

## **4. APLICACIÓN**

Con el fin de poner en práctica la reglamentación para un caso particular, se va a estudiar la demanda y la calificación energética de un edificio de oficinas empleando la HU.

El edificio sobre el que se basará el caso práctico está situado en la calle Doctor Eduardo García-Triviño López, 15 en la localidad de Jaén. No es objeto de este TFG realizar la calificación energética del edificio tal y como es, sino de otro edificio con idénticas características geométricas (superficie, altura, zonificación de los espacios y posición aproximada de las ventanas) pero con distintos valores de iluminación y transmitancia térmica de los cerramientos. Se elige este edificio debido a la gran superficie acristalada presente en la fachada sureste, circunstancia que llama la atención al autor del presente TFG y le hace preguntarse hasta qué punto un edificio de tales características puede ser o no eficiente en términos energéticos. En resumen, sólo se tiene acceso a los planos de planta del edificio original, por lo que cualquier parecido de los resultados del edificio que se va a modelar con la realidad será pura coincidencia.

Además, se considerará el edificio como de nueva construcción, con lo que como se ha mencionado en el apartado 2 de esta memoria la normativa para el cumplimiento del inmueble es más restrictiva.

En el anexo I se pueden observar la zonificación de espacios para cada una de las plantas del edificio, así como sus dimensiones.

### **4.1. Cálculo de la demanda energética en la HU**

A continuación se explican brevemente los parámetros o valores introducidos en el programa. La redacción de este apartado del TFG no pretende ser una guía detallada para la modelización del edificio, puesto que esa función la realiza con creces el manual disponible en el programa.

#### **4.1.1. Opciones generales**

Pestaña de datos administrativos:

En primer lugar, aunque de manera voluntaria, en la pestaña de datos administrativos se pueden introducir datos referentes a la ubicación exacta del edificio (calle, Código Postal), la normativa vigente que sigue el mismo o los datos del técnico certificador de cara a la aparición del informe final. En esta sección sí es necesario indicar la provincia donde se encuentra el proyecto así como el uso que va a tener –oficinas en el caso estudiado-.

**Figura 4-1: Pestaña de datos administrativos**

### Pestaña de datos generales:

En la pestaña de datos generales, se considerará el edificio como de nueva construcción y además un Pequeño y Mediano Terciario (VYP). Por lo tanto, se tendrá en cuenta solamente la parte de la reglamentación referente a estos casos en las normas (CTE y RITE).

NOTA: No se han podido presentar los cálculos como Gran Terciario porque la herramienta HULC en la versión de 29 de julio de 2015 y todavía en pruebas a la fecha de elaboración de este TFG, calculaba de forma incongruente la demanda energética del edificio cuando se definía el edificio como Gran Terciario al realizar la exportación al programa Calener GT.

Como se ha comentado anteriormente, la localización del edificio es Jaén, por lo que le corresponde una zona climática C4 según el CTE. La altitud sobre el nivel del mar aproximada a la que se encuentra el inmueble es de 450 m.

Además, se adopta un valor de 0,8 renovaciones de aire por hora en la ventilación inicial de los espacios habitables del edificio tal y como se recoge en el anexo de la nota informativa sobre la aplicación de herramientas informáticas para la verificación de las exigencias establecidas por la actualización del documento básico de ahorro de energía de 2013.

Esta ventilación mínima exigida para los espacios de un edificio terciario viene recogida en el RITE. Con el objeto de poder afirmar si el valor anterior es una buena aproximación para el caso estudiado, se procede a calcular el caudal de aire en ambos casos. Así, en la tabla ... vienen recogidos los caudales de aire exterior, en dm<sup>3</sup>/s por persona, según la calidad del aire que se deba tener (IDA). En edificios terciarios, se exige que el aire interior sea de buena calidad (IDA 2).

| Categoría | dm <sup>3</sup> /s por persona |
|-----------|--------------------------------|
| IDA 1     | 20                             |
| IDA 2     | 12,5                           |
| IDA 3     | 8                              |
| IDA 4     | 5                              |

**Tabla 4-1: Caudales de aire exterior, en dm<sup>3</sup>/s por persona**

Se estima un valor de densidad de ocupación de 15 m<sup>2</sup>/persona. El caudal de aire a extraer según la normativa actual queda:

$$Q = 12,5 \frac{\text{dm}^3}{\text{s persona}} * \frac{4295,33 \text{ m}^2}{15 \frac{\text{m}^2}{\text{persona}}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ dm}^3} = 3,58 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por otro lado, el caudal de ventilación en función de las renovaciones de aire por hora viene determinado por la siguiente fórmula:

$$Q = R * V_{\text{hab}} = 0,8 * S * (h - e_{\text{forjado}})$$

- Q: Caudal de ventilación (m<sup>3</sup>/s)
- R: Renovaciones del volumen total del espacio cada hora

- $V_{hab}$ : Volumen total de los espacios habitables ( $m^3$ )
- $S$ : Superficie del espacio ( $m^2$ )
- $h$ : Altura de cada planta (m). 3,84 m en el caso del ejemplo.
- $e_{forjado}$ : Espesor del forjado interior para el cálculo de las tres plantas inferiores y del forjado exterior para la superior.

|                                  | Caudal ventilación total ( $m^3/h$ ) | Caudal ventilación total ( $m^3/s$ ) |
|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Planta Baja</b>               | 3073,55                              | 0,85                                 |
| <b>Primera y Segunda Plantas</b> | 3376,07                              | 0,94                                 |
| <b>Tercera Planta</b>            | 3322,57                              | 0,92                                 |
| <b>Total</b>                     | 13148,27                             | 3,65                                 |

**Tabla 4-2: Caudal de ventilación según dato ren/h**

Los caudales de ventilación son muy parecidos entre sí, por lo que la premisa de 0,8 renovaciones por hora es válida.

Por último, debe seleccionarse el tipo de uso por defecto de los espacios habitables del edificio, entre residencial y otros tipos de usos (intensidad alta, media o baja; de 8, 12,16 o 24 horas de duración). Al ser un edificio administrativo de oficinas, se considera una intensidad alta durante 12 horas.

The screenshot shows a software interface for defining a case. It is divided into several sections:

- Definición del caso**
  - Verificación CTE-HE y Certificación de Eficiencia Energética**
    - ☒ Edificio NUEVO
    - ☐ Edificio EXISTENTE: Ampliación
    - ☐ Edificio EXISTENTE: Intervención importante
    - ☐ Edificio EXISTENTE: Cambio de uso característico
  - Solo Certificación de Eficiencia Energética**
    - ☐ Edificio EXISTENTE: Solo Certificación
- Localidad, Datos Climáticos**
  - Comunidad autónoma: Andalucía
  - Provincia: Jaén
  - Localidad: Jaén
  - Altitud: 450,00 m
  - Zona climática: C4
  - ☒ Peninsular
  - ☐ Extrapeninsular
- Tipo de edificio**
  - ☐ Vivienda unifamiliar
  - ☐ Viviendas en bloque
    - ☐ Una Vivienda de un bloque
  - ☒ Edificio Terciario Pequeño o Mediano (PMT)
    - ☐ Un local de un Edificio PMT
  - ☐ Gran Edificio Terciario (GT)
    - ☐ Un local de un Edificio GT
- Ventilación inicial de los espacios habitables del edificio**
  - Número de renovaciones hora: 0,8
- Valores por defecto de los espacios habitables**
  - Tipo de Uso: I\_Alta-12h-Acondicionado

**Figura 4-2: Pestaña de datos generales**

La elección del tipo de uso es particularmente importante en nuestro caso, ya que la demanda energética permitida en edificios de nueva construcción varía en función de la densidad de las fuentes internas, que es el promedio horario de la carga térmica total debida a las fuentes internas, repercutida sobre la superficie útil.

Se calcula a partir de las cargas nominales en cada hora para cada carga (carga sensible debida a la ocupación, carga debida a iluminación y carga debida a equipos) a lo largo de una semana tipo:

$$C_{FI} = \frac{\sum C_{oc}}{7 * 24} + \frac{\sum C_{il}}{7 * 24} + \frac{\sum C_{eq}}{7 * 24}$$

- $\Sigma C_{oc}$ : suma de las cargas sensibles nominales por ocupación [W/m<sup>2</sup>], por hora y a lo largo de una semana tipo.
- $\Sigma C_{il}$ : suma de las cargas nominales por iluminación [W/m<sup>2</sup>], por hora y a lo largo de una semana tipo.
- $\Sigma C_{eq}$ : suma de las cargas nominales de equipos [W/m<sup>2</sup>], por hora y a lo largo de una semana tipo.

El perfil de uso asociado al tipo de uso no residencial de intensidad alta durante 12 horas (figura 4-3) viene recogido en el apéndice C del DB-HE1. Los datos relativos al perfil son fijos y no se pueden modificar cuando se modela el edificio. El único valor que se puede cambiar en los distintos espacios del inmueble es la potencia de iluminación en W/m<sup>2</sup>. En virtud de la tabla 4-3 que aparece recogida en el DB-HE3, se elige una iluminación de 12 W/m<sup>2</sup>.

| Uso del edificio                                     | Potencia máxima instalada [W/m <sup>2</sup> ] |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Administrativo                                       | 12                                            |
| Aparcamiento                                         | 5                                             |
| Comercial                                            | 15                                            |
| Docente                                              | 15                                            |
| Hospitalario                                         | 15                                            |
| Restauración                                         | 18                                            |
| Auditorios, teatros, cines                           | 15                                            |
| Residencial Público                                  | 12                                            |
| Otros                                                | 10                                            |
| Edificios con nivel de iluminación superior a 600lux | 25                                            |

**Tabla 4-3: Potencia máxima de iluminación permitida según el tipo de edificio**

| USO NO RESIDENCIAL: 12 h  | BAJA           |      |       | MEDIA          |      |       | ALTA           |       |       |
|---------------------------|----------------|------|-------|----------------|------|-------|----------------|-------|-------|
|                           | 1-6            | 7-14 | 17-20 | 1-6            | 7-14 | 17-20 | 1-6            | 7-14  | 17-21 |
|                           | 15-16<br>21-24 |      |       | 15-16<br>21-24 |      |       | 15-16<br>21-24 |       |       |
| Temp Consigna Alta (°C)   |                |      |       |                |      |       |                |       |       |
| Laboral y Sábado          | –              | 25   | 25    | –              | 25   | 25    | –              | 25    | 25    |
| Festivo                   | –              | –    | –     | –              | –    | –     | –              | –     | –     |
| Temp Consigna Baja (°C)   |                |      |       |                |      |       |                |       |       |
| Laboral y Sábado          | –              | 20   | 20    | –              | 20   | 20    | –              | 20    | 20    |
| Festivo                   | –              | –    | –     | –              | –    | –     | –              | –     | –     |
| Ocupación sensible (W/m²) |                |      |       |                |      |       |                |       |       |
| Laboral                   | 0              | 2,00 | 2,00  | 0              | 6,00 | 6,00  | 0              | 10,00 | 10,00 |
| Sábado                    | 0              | 2,00 | 0     | 0              | 6,00 | 0     | 0              | 10,00 | 0     |
| Festivo                   | 0              | 0    | 0     | 0              | 0    | 0     | 0              | 0     | 0     |
| Ocupación latente (W/m²)  |                |      |       |                |      |       |                |       |       |
| Laboral                   | 0              | 1,26 | 1,26  | 0              | 3,79 | 3,79  | 0              | 6,31  | 6,31  |
| Sábado                    | 0              | 1,26 | 0     | 0              | 3,79 | 0     | 0              | 6,31  | 0     |
| Festivo                   | 0              | 0    | 0     | 0              | 0    | 0     | 0              | 0     | 0     |
| Iluminación (%)           |                |      |       |                |      |       |                |       |       |
| Laboral                   | 0              | 100  | 100   | 0              | 100  | 100   | 0              | 100   | 100   |
| Sábado                    | 0              | 100  | 0     | 0              | 100  | 0     | 0              | 100   | 0     |
| Festivo                   | 0              | 0    | 0     | 0              | 0    | 0     | 0              | 0     | 0     |
| Equipos (W/m²)            |                |      |       |                |      |       |                |       |       |
| Laboral                   | 0              | 1,50 | 1,50  | 0              | 4,50 | 4,50  | 0              | 7,50  | 7,50  |
| Sábado                    | 0              | 1,50 | 0     | 0              | 4,50 | 0     | 0              | 7,50  | 0     |
| Festivo                   | 0              | 0    | 0     | 0              | 0    | 0     | 0              | 0     | 0     |
| Ventilación (%)           |                |      |       |                |      |       |                |       |       |
| Laboral                   | 0              | 100  | 100   | 0              | 100  | 100   | 0              | 100   | 100   |
| Sábado                    | 0              | 100  | 0     | 0              | 100  | 0     | 0              | 100   | 0     |
| Festivo                   | 0              | 0    | 0     | 0              | 0    | 0     | 0              | 0     | 0     |

Figura 4-3: Perfil de uso no residencial: 12h

De esta manera, la densidad de fuentes internas queda:

$$\Sigma C_{oc} = (5 \text{ días} * 1 * 12 \text{ horas/día} + 1 \text{ día} * 1 * 8 \text{ horas/día}) * 10 \text{ W/m}^2 = 680 \text{ Wh/m}^2$$

$$\Sigma C_{il} = (5 \text{ días} * 1 * 12 \text{ horas/día} + 1 \text{ día} * 1 * 8 \text{ horas/día}) * 12 \text{ W/m}^2 = 816 \text{ Wh/m}^2$$

$$\Sigma C_{eq} = (5 \text{ días} * 1 * 12 \text{ horas/día} + 1 \text{ día} * 1 * 8 \text{ horas/día}) * 7,5 \text{ W/m}^2 = 510 \text{ Wh/m}^2$$

$$C_{FI} = \frac{680}{7 * 24} + \frac{816}{7 * 24} + \frac{510}{7 * 24} = 11,94 \text{ W/m}^2$$

En el apéndice A del DB-HE1 se recoge la siguiente tabla de la carga interna en función de la densidad de las fuentes internas. Por lo tanto, a tenor del resultado anterior, se puede afirmar que la carga interna para el perfil de uso seleccionado es alta.

| Carga interna | Densidad de las fuentes internas, $C_{FI}$ [W/m²] |
|---------------|---------------------------------------------------|
| Baja          | < 6                                               |
| Media         | 6 – 9                                             |
| Alta          | 9 – 12                                            |
| Muy alta      | > 12                                              |

Tabla 4-4: Carga interna en función de la densidad de las fuentes internas



Pestaña de opciones de sombreado:

Los elementos de sombra (laminas, cortinas, toldos, etc) se aplicarán entre los meses de junio y septiembre, que es cuando la radiación es mayor y afecta en gran medida a la carga de refrigeración necesaria.

**4.1.2. Modelización del edificio**

Una vez que se introducen los datos generales del inmueble, el siguiente paso es modelar el edificio. Se realiza en tres pasos bien diferenciados:

**4.1.2.1. Envoltente térmica del edificio**

La envoltente térmica del edificio está compuesta por todos los cerramientos que delimitan los espacios habitables con el aire exterior, el terreno u otro edificio, y por todas las particiones interiores que delimitan los espacios habitables con espacios no habitables en contacto con el ambiente exterior.

Asimismo, se define como un cerramiento aquel elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior, ya sea aire, terreno u otros edificios. Comprende las cubiertas, suelos, huecos, muros y medianeras.

Se ha optado por crear unos cerramientos con un coeficiente global de transferencia de calor igual al valor máximo que recoge el CTE.

El coeficiente global de transferencia de calor o transmitancia térmica (U) es el flujo de calor, en régimen estacionario, para un área y diferencia de temperatura unitaria de los medios situados a cada lado del elemento que se considera. Se mide en W/m<sup>2</sup>K y viene dado por:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum_{\text{capas}} \frac{e_i}{k_i} + \frac{1}{h_e}} = \frac{1}{\sum_{\text{capas}} R_{t_i}''}$$

Donde:

- $h_i$ : coeficiente de convección interior (W/m<sup>2</sup>K).
- $e_i$ : Espesor de la capa de material i (m).
- $k_i$ : Conductividad térmica de la capa i (W/mK).
- $h_e$ : Coeficiente de convección exterior (W/m<sup>2</sup>K).
- $R_{t_i}''$ : Resistencia térmica de cada capa por unidad de área (W/mK).

En el apéndice B del documento de ahorro de energía del CTE aparecen los límites del valor que ha de tener el coeficiente de transmisión para cada zona climática de cada uno de los posibles cerramientos que los que puede disponer un edificio. Para el caso de la zona climática C4:

### D.2.12 ZONA CLIMÁTICA C4

|                                                                                    |                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno | $U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ |
| Transmitancia límite de suelos                                                     | $U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ |
| Transmitancia límite de cubiertas                                                  | $U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ |
| Factor solar modificado límite de lucernarios                                      | $F_{Llim}: 0,27$                         |

| % de huecos | Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$ |     |     |       | Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$ |      |       |                    |      |       |
|-------------|-------------------------------------------------------------------|-----|-----|-------|-----------------------------------------------------|------|-------|--------------------|------|-------|
|             |                                                                   |     |     |       | Baja carga interna                                  |      |       | Alta carga interna |      |       |
|             | N/NE/NO                                                           | E/O | S   | SE/SO | E/O                                                 | S    | SE/SO | E/O                | S    | SE/SO |
| de 0 a 10   | 4,4                                                               | 4,4 | 4,4 | 4,4   | -                                                   | -    | -     | -                  | -    | -     |
| de 11 a 20  | 3,4                                                               | 3,9 | 4,4 | 4,4   | -                                                   | -    | -     | -                  | -    | -     |
| de 21 a 30  | 2,9                                                               | 3,3 | 4,3 | 4,3   | -                                                   | -    | -     | 0,54               | -    | 0,56  |
| de 31 a 40  | 2,6                                                               | 3,0 | 3,9 | 3,9   | 0,54                                                | -    | 0,56  | 0,41               | 0,57 | 0,43  |
| de 41 a 50  | 2,4                                                               | 2,8 | 3,6 | 3,6   | 0,47                                                | -    | 0,46  | 0,34               | 0,47 | 0,35  |
| de 51 a 60  | 2,2                                                               | 2,7 | 3,5 | 3,5   | 0,38                                                | 0,53 | 0,39  | 0,29               | 0,40 | 0,30  |

**Figura 4-4: Coeficiente de transmisión máximo según tipo de cerramiento**

Para definir la composición de los cerramientos, la HU diferencia entre opacos para cerramientos o particiones y semitransparentes para los huecos. Siguiendo esta clasificación se han creado las diferentes composiciones que se han ido utilizando para definir el edificio. Los datos de los materiales utilizados se encuentran en el catálogo de elementos constructivos del CTE y se ordenan de exterior a interior para cerramientos verticales y de arriba abajo para cerramientos horizontales.

- **Muro exterior:  $U=0,73 \text{ W/m}^2 \text{ K}$**

| Nº | Material                                    | Espesor | Conductividad | Densidad | Cp   | Res.Térmica |
|----|---------------------------------------------|---------|---------------|----------|------|-------------|
| 1  | Plaqueta o baldosa cerámica                 | 0,020   | 1,000         | 2000     | 800  |             |
| 2  | Mortero de cemento o cal para albañilería y | 0,025   | 0,800         | 1525     | 1000 |             |
| 3  | 1 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 80   | 0,240   | 0,567         | 1150     | 1000 |             |
| 4  | EPS Poliestireno Expandido [ 0.037 W/[mK]]  | 0,010   | 0,038         | 30       | 1000 |             |
| 5  | 1 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 80   | 0,240   | 0,567         | 1150     | 1000 |             |
| 6  | Enlucido de yeso 1000 < d < 1300            | 0,020   | 0,570         | 1150     | 1000 |             |

**Figura 4-5: Composición del muro exterior**

- **Forjado exterior:  $U=0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$**

| Nº | Material                                        | Espesor | Conductividad | Densidad | Cp   | Res.Térmica |
|----|-------------------------------------------------|---------|---------------|----------|------|-------------|
| 1  | Plaqueta o baldosa cerámica                     | 0,020   | 1,000         | 2000     | 800  |             |
| 2  | Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita] | 0,010   | 0,410         | 900      | 1000 |             |
| 3  | EPS Poliestireno Expandido [ 0.029 W/[mK]]      | 0,030   | 0,029         | 30       | 1000 |             |
| 4  | Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita] | 0,010   | 0,410         | 900      | 1000 |             |
| 5  | FU Entrevigado de EPS mecanizado enrasado       | 0,300   | 0,256         | 750      | 1000 |             |

**Figura 4-6: Composición del forjado exterior**

- **Solera:  $U=0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$**

| Nº | Material                                        | Espesor | Conductividad | Densidad | Cp   | Res.Térmica |
|----|-------------------------------------------------|---------|---------------|----------|------|-------------|
| 1  | Mármol [2600 < d < 2800]                        | 0,020   | 3,500         | 2700     | 1000 |             |
| 2  | Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita] | 0,010   | 0,410         | 900      | 1000 |             |
| 3  | EPS Poliestireno Expandido [ 0.029 W/[mK]]      | 0,050   | 0,029         | 30       | 1000 |             |
| 4  | losa de hormigón d = 2000 y canto 200 mm        | 0,200   | 1,667         | 2000     | 1000 |             |

**Figura 4-7: Composición de la solera**

En cuanto a la compartimentación interior, que no tiene ningún límite aplicable recogido en el CTE, los cerramientos quedan:

- **Tabiquería interior:  $U=1,91 \text{ W/m}^2\text{K}$**

| Nº | Material                                 | Espesor | Conductividad | Densidad | Cp   | Res.Térmica |
|----|------------------------------------------|---------|---------------|----------|------|-------------|
| 1  | Enlucido de yeso 1000 < d < 1300         | 0,020   | 0,570         | 1150     | 1000 |             |
| 2  | Tabicón de LH doble Gran Formato 60 mm < | 0,060   | 0,212         | 630      | 1000 |             |
| 3  | Enlucido de yeso 1000 < d < 1300         | 0,020   | 0,570         | 1150     | 1000 |             |

**Figura 4-8: Composición de los tabiques interiores**

- **Forjado interior:  $U=0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$**

|   | Material                                  | Espesor | Conductividad | Densidad | Cp   | Res.Térmica |
|---|-------------------------------------------|---------|---------------|----------|------|-------------|
| 1 | Mármol [2600 < d < 2800]                  | 0,020   | 3,500         | 2700     | 1000 |             |
| 2 | FU Entrevigado de EPS mecanizado enrasado | 0,300   | 0,256         | 750      | 1000 |             |

**Figura 4-9: Composición del forjado interior**

Para crear los cerramientos semitransparentes, es necesario conocer los huecos existentes en el edificio, así como los materiales de los que están compuestos tanto el vidrio como el marco, y el porcentaje en el que se encuentran.

En principio, se considerarán que todas las ventanas son iguales. Si el edificio no cumple, se modificarán de forma conveniente para facilitar la disminución de la demanda energética.

En la siguiente tabla se recogen las propiedades de las ventanas creadas:

|               |                                          |                                                    |                                             |
|---------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>Vidrio</b> | Doble en posición vertical: VER_DC_4-6-4 |                                                    | U=3,3 W/m <sup>2</sup> K                    |
|               |                                          |                                                    | Factor Solar=0,7                            |
|               | <b>Marco</b>                             | Metálico con rotura de puente térmico de 4 a 12 mm | U=4,5 W/m <sup>2</sup> K                    |
|               |                                          |                                                    | Absortividad=0,7                            |
|               |                                          | Porcentaje                                         | 21%                                         |
|               |                                          | Permeabilidad al aire                              | 25 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> a 100 Pa |

**Tabla 4-5: Propiedades de las ventanas definidas**

El factor solar es el cociente entre la radiación solar a incidencia normal que se introduce en el edificio a través del acristalamiento y la que se introduciría si el acristalamiento se sustituyese por un hueco perfectamente transparente. Se refiere exclusivamente a la parte semitransparente de un hueco. Este valor viene recogido en el catálogo de elementos constructivos del CTE y es específico para cada vidrio.

La absortividad es la fracción de la radiación solar incidente a una superficie que es absorbida por la misma.

Asimismo, la permisibilidad al aire es una propiedad de una ventana o puerta de dejar pasar el aire cuando se encuentra sometida a una presión diferencial. Su valor máximo viene recogido en el documento básico de ahorro de energía en función a la zona climática de invierno a la que pertenezca el edificio. Para el caso de la zona C, el valor máximo es de 27 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa por lo que se ha considerado un valor de 25 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>.

Las puertas se definen en el programa de misma manera que los huecos semitransparentes, pero indicando en la pestaña correspondiente que es una puerta.

Una vez que se han creado los cerramientos, se han de establecer como predeterminados para cada vez que el programa detecte automáticamente una partición sea del tipo deseado y no haya que cambiarla manualmente.

#### **4.1.2.2. Definición geométrica**

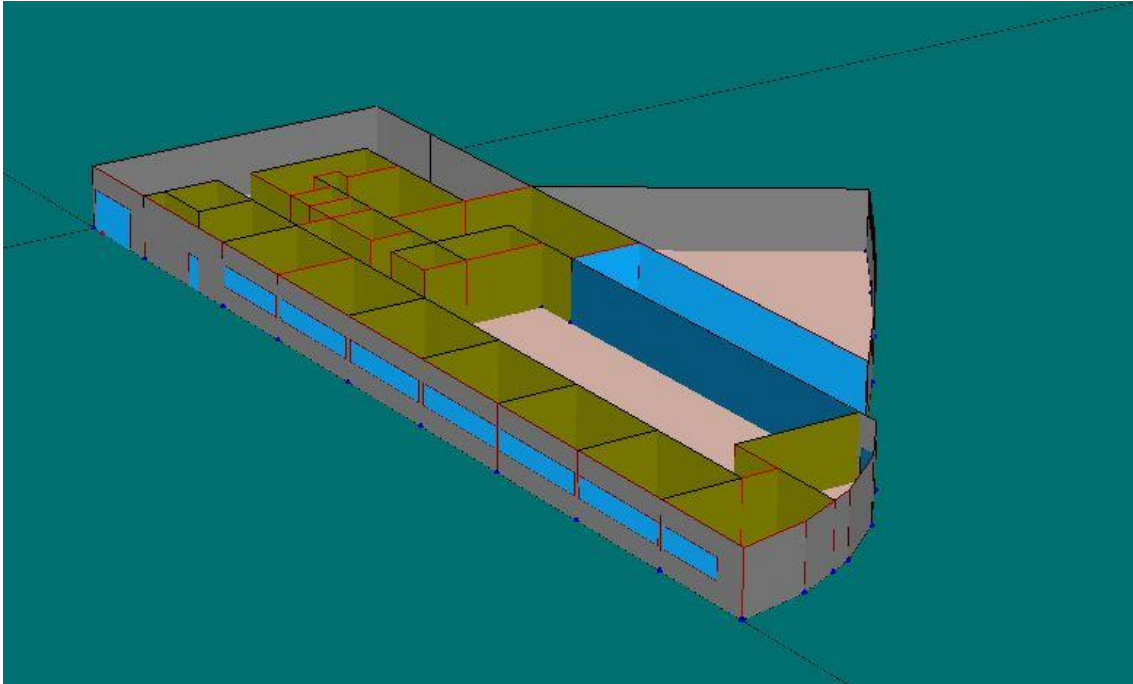
Para definir el edificio, se han seguido una serie de pasos similares para cada una de las plantas.

1. Creación de los planos de cada planta en formato DXF para poder exportarlos al programa.
2. Creación de la planta a la altura correspondiente (falso techo inclusive).  
El espesor de los forjados, que se ha especificado en la creación de los correspondientes cerramientos, es descontado por el programa.  
Al crear la primera planta, hay que indicar en la casilla de multiplicador un 2. Esto es posible ya que la segunda planta es igual a la primera y la tercera, y las condiciones de temperatura en invierno y verano van a ser las mismas en cada planta. Esta opción no es posible para definir las plantas restantes, ya que la primera está en contacto con la planta baja y son diferentes entre sí, y la tercera está en contacto con el exterior y por lo tanto sus condiciones operacionales son distintas. La altura total de cada planta es de 3,84 m.
3. Definir las particiones horizontales o suelo.
4. Levantar automáticamente los cerramientos y particiones interiores verticales, y si alguno de ellos no fuera un cerramiento en contacto con el exterior, modificarlo al que corresponda.
5. Definir los huecos
6. Definir cada espacio según sea acondicionado, no acondicionado o no habitable  
  
Se define como espacio acondicionado aquel que va a disponer de un sistema de calefacción y/o refrigeración. Un espacio no acondicionado es aquel que no dispone de sistema de calefacción y/o refrigeración. Por último, la definición de espacio no habitable es aquel espacio formado por uno o varios recintos no habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes, agrupados a efectos de cálculo de la demanda energética.
7. Cambiar la potencia de iluminación en cada espacio.
8. Definir las particiones horizontales (techos interiores) mediante la opción Forjados Automáticos. Para la planta final, el techo exterior se edita con la opción Forjado y marcando Techo Exterior.

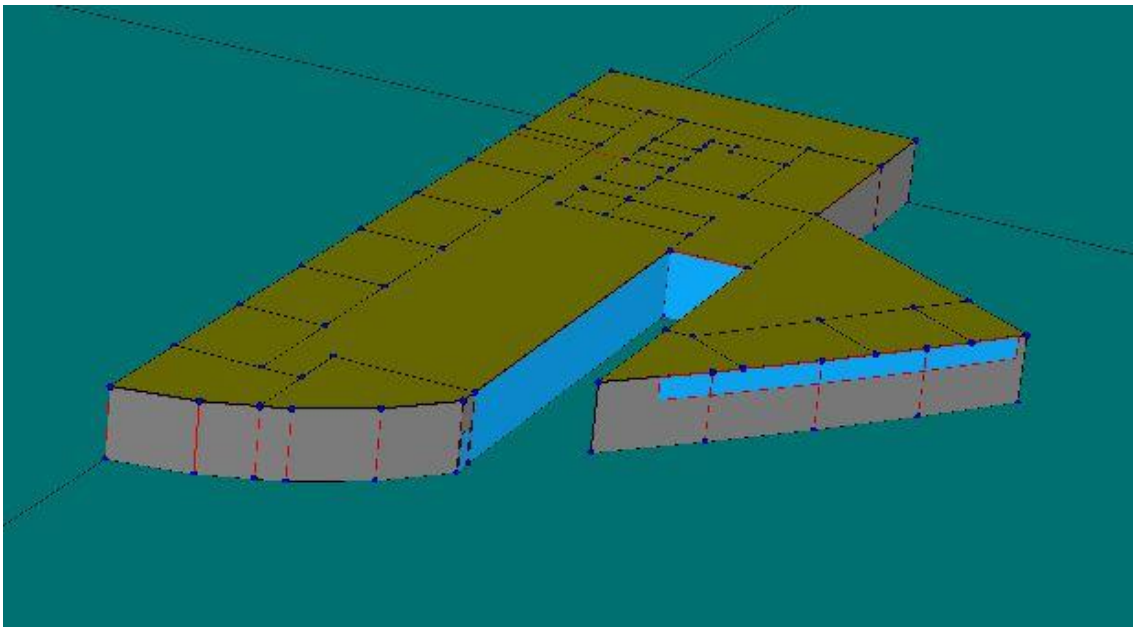
Es de vital importancia seguir estos pasos en este orden para la elaboración de cada planta.

9. Una vez definidas todas las plantas crear los elementos de sombra y unir los espacios entre plantas si procede.

A continuación se muestran una serie de imágenes de la definición del edificio planta por planta:



**Figura 4-10: Primera planta fachada oeste y zonificación**



**Figura 4-11: Primera planta fachada sur con forjado interior**

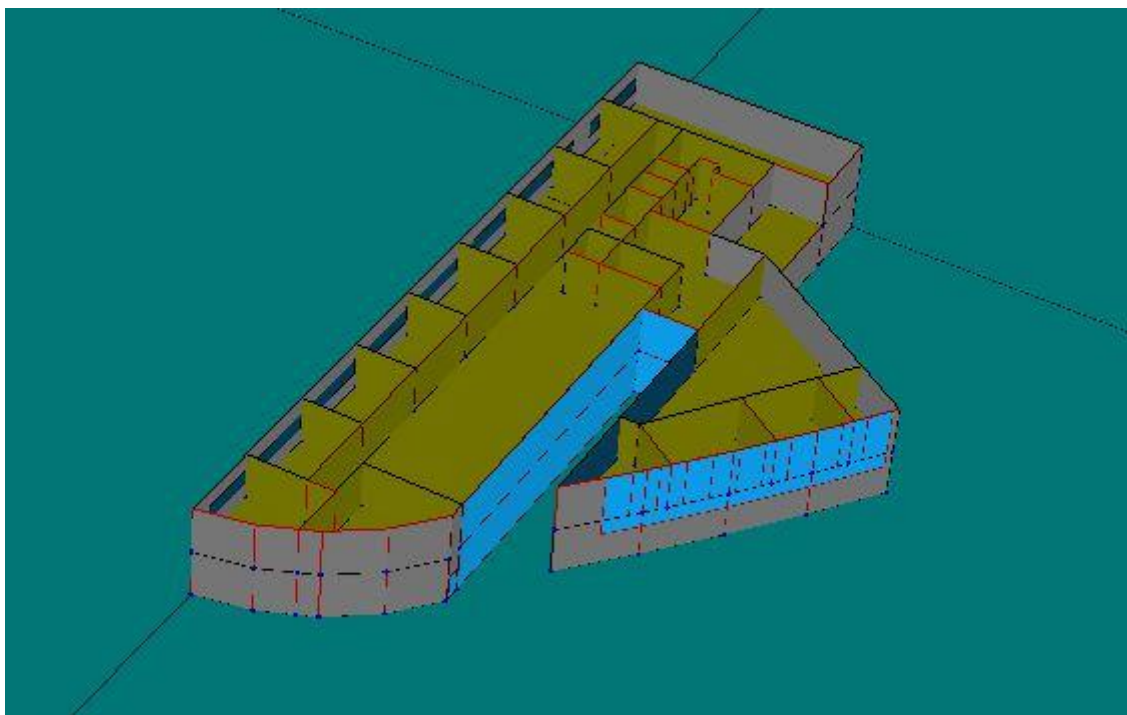


Figura 4-12: Zonificación de la segunda planta vista fachada sur

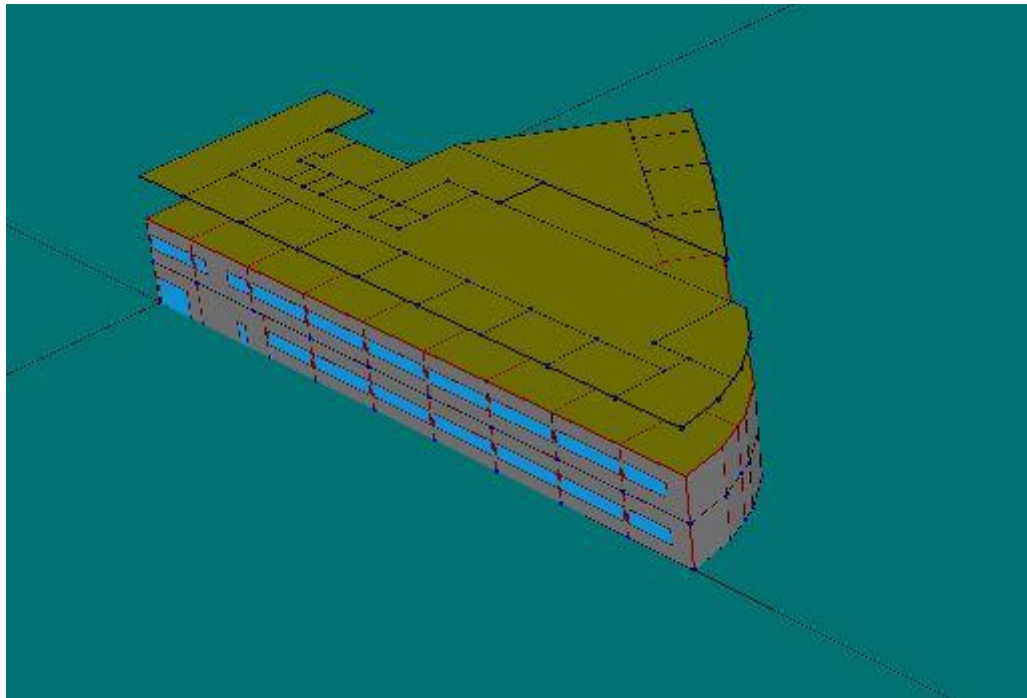
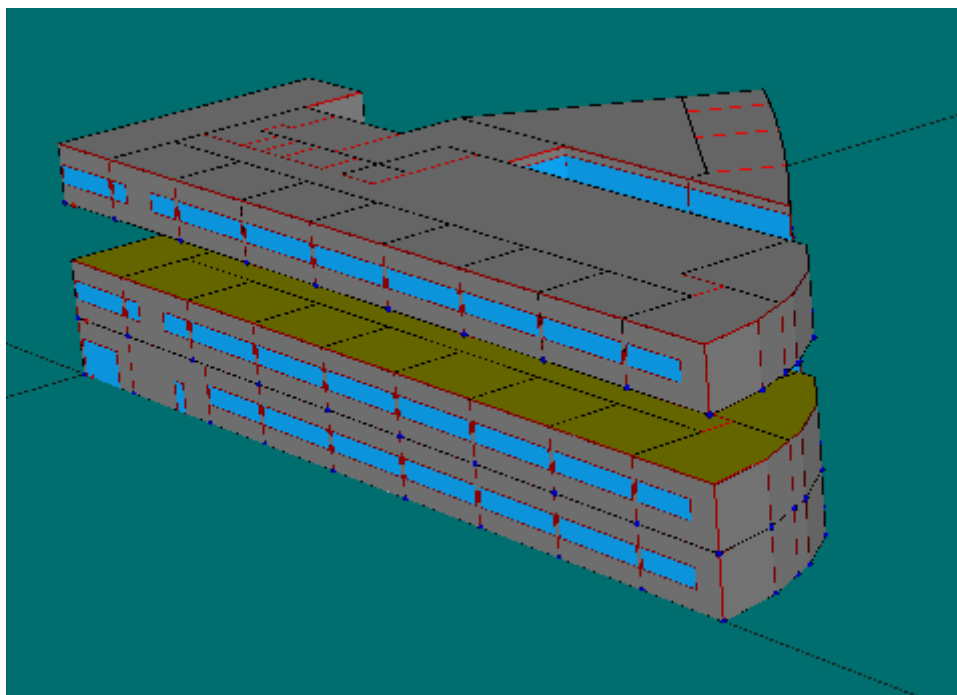
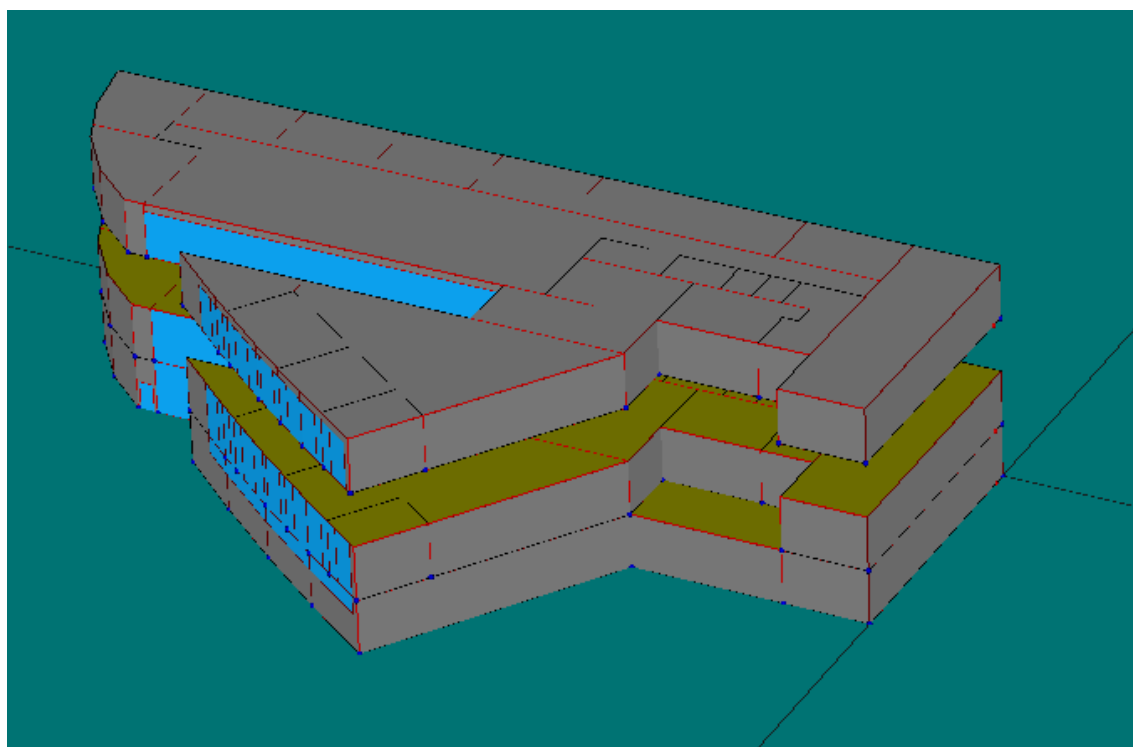


Figura 4-13: Fachada oeste



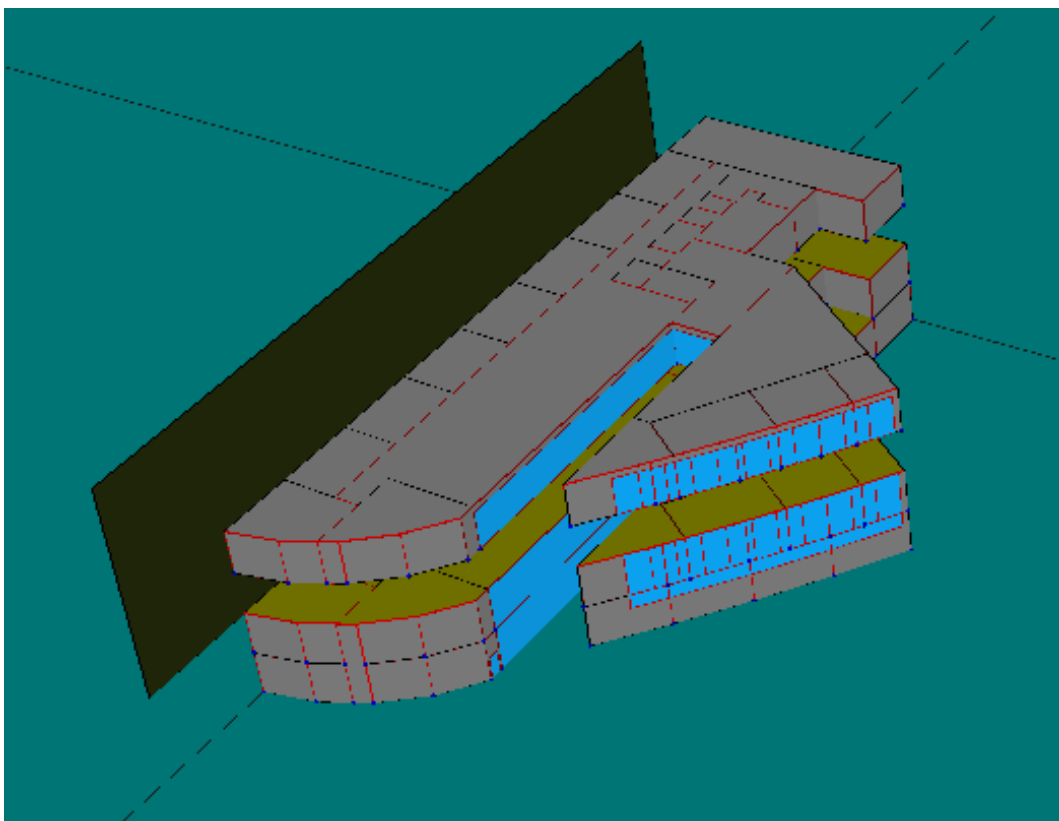


**Figura 4-14: Edificio completo vista fachada oeste**



**Figura 4-15: Edificio completo vista fachada este**





**Figura 4-16: Edificio completo con elemento de sombra**

Se observa cómo aparece un hueco entre las plantas primera y tercera ya que se ha utilizado el multiplicador. Además, el elemento de sombra final se añade ya que esa fachada se encuentra próxima a otros edificios por lo que no recibe la insolación directamente.

#### **4.1.2.3. Definición de puentes térmicos**

Se define como puente térmico aquella zona de la envolvente térmica del edificio en la que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio del espesor del cerramiento o de los materiales empleados, por la penetración completa o parcial de elementos constructivos con diferente conductividad, por la diferencia entre el área externa e interna del elemento, etc., que conllevan una minoración de la resistencia térmica respecto al resto del cerramiento.

Los distintos puentes térmicos que tiene en cuenta el programa son:

- Frente de forjados
- Cubiertas Planas
- Esquinas interiores

- Esquinas exteriores
- Forjado interior en contacto con el aire
- Alféizar
- Dinteles
- Jambas
- Pilares
- Suelos en contacto con el terreno.

La longitud característica de cada puente térmico es calculada por el programa. Además, el valor de transmitancia térmica es el que aparece en el catálogo de elementos constructivos del CTE.

#### 4.1.3. Verificación de la demanda energética

Una vez completada la definición del edificio, puede iniciarse la verificación del Documento DB-HE1. Con ello se pone en marcha una secuencia de cálculos que dependen del tipo de edificio que se esté analizando.

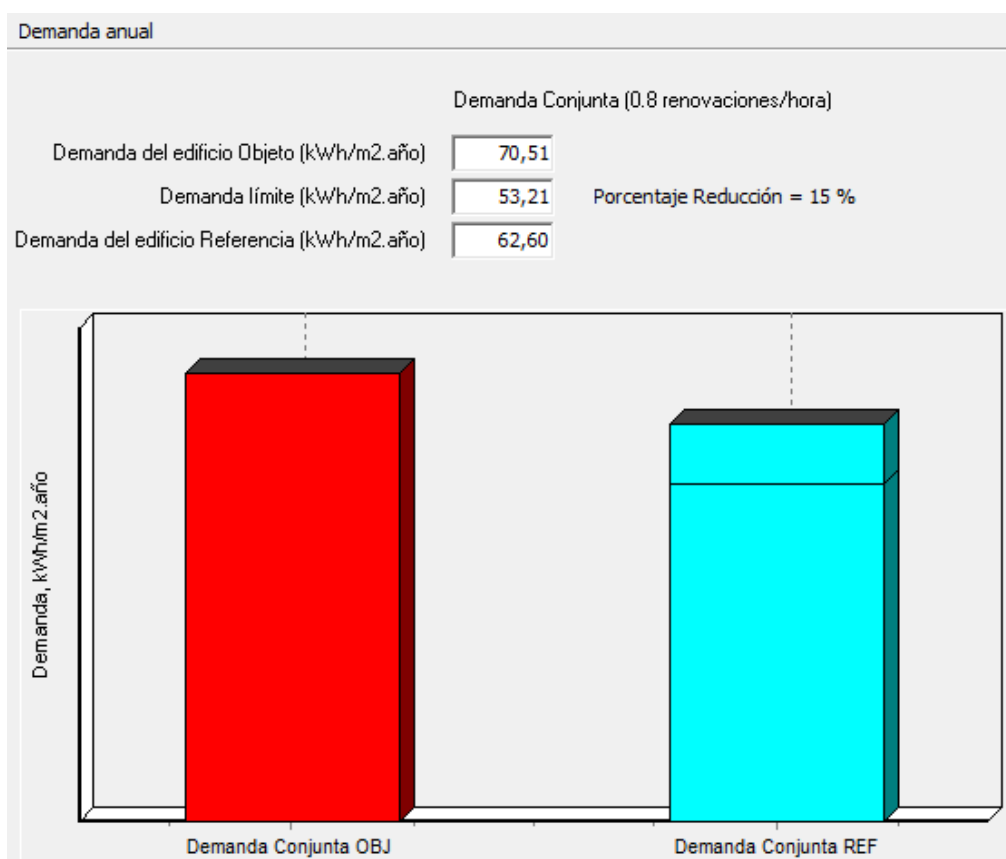
Para el caso práctico que se está estudiando, en el que el edificio es de nueva construcción y no residencial, el documento básico de ahorro de energía marca que el porcentaje de ahorro de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración, respecto al edificio de referencia del edificio debe ser igual o superior al establecido en la tabla 4-4.

| Zona climática de verano | Carga de las fuentes internas |       |      |          |
|--------------------------|-------------------------------|-------|------|----------|
|                          | Baja                          | Media | Alta | Muy alta |
| 1, 2                     | 25%                           | 25%   | 25%  | 10%      |
| 3, 4                     | 25%                           | 20%   | 15%  | 0%*      |

**Tabla 4-6: Porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta respecto al edificio de referencia, en %.**

Como se ha calculado detalladamente en el apartado 4.1.1. de la presente memoria, la densidad de las fuentes internas en este caso es ALTA, con lo que el porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta ha de ser de un 15%.

El resultado que se obtiene una vez simulado el edificio es el siguiente:



**Figura 4-17: Resultado para la demanda energética conjunta del edificio.**

Como se puede observar, el edificio no cumple el HE1 ya que la demanda conjunta de refrigeración y calefacción es superior a la demanda conjunta del edificio referencia. La demanda del edificio objeto es un 13% mayor que la demanda del edificio de referencia y un 33% mayor que la demanda límite máxima. Como consecuencia, la primera estimación del edificio está lejos de cumplir las especificaciones del DB-HE1.

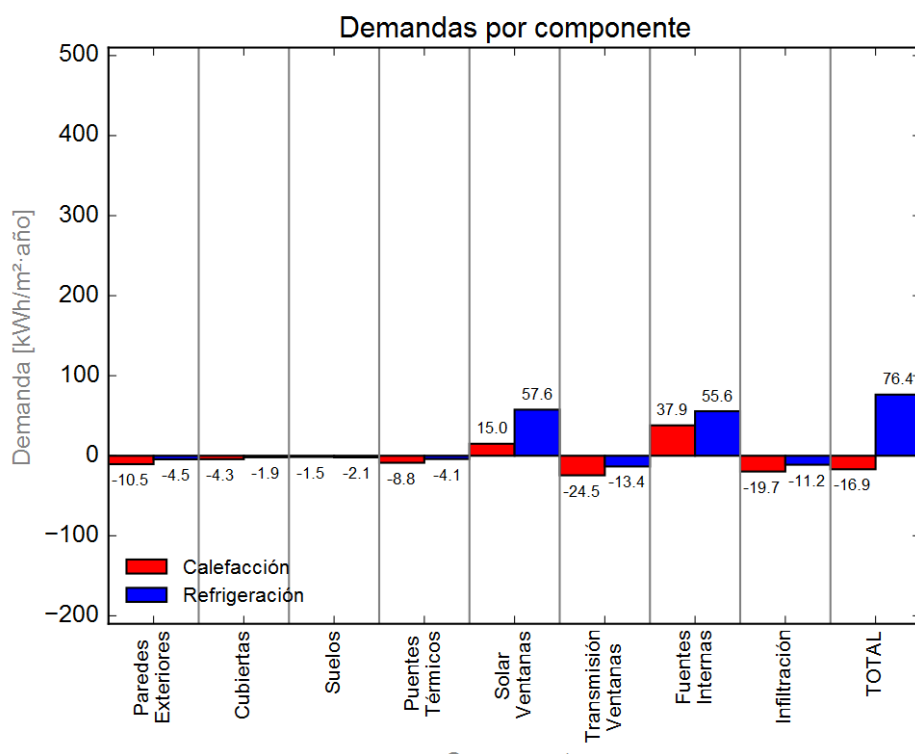
## 4.2. Propuestas de mejora

En este apartado de la presente memoria del TFG, se tratará de hallar medidas de mejora para que la demanda conjunta del edificio no supere el límite establecido por el CTE.

Para ello, se debe saber de alguna manera qué puede estar pasando en las distintas zonas del edificio.

Así, la figura 4-18 muestra la demanda para refrigeración y calefacción por componente del edificio conjunto. Los valores negativos de demanda de calefacción indican que se ha de aportar energía para conseguir la temperatura

de consigna marcada, mientras que los valores positivos de refrigeración indican que se ha de extraer calor para obtener las condiciones de confort.



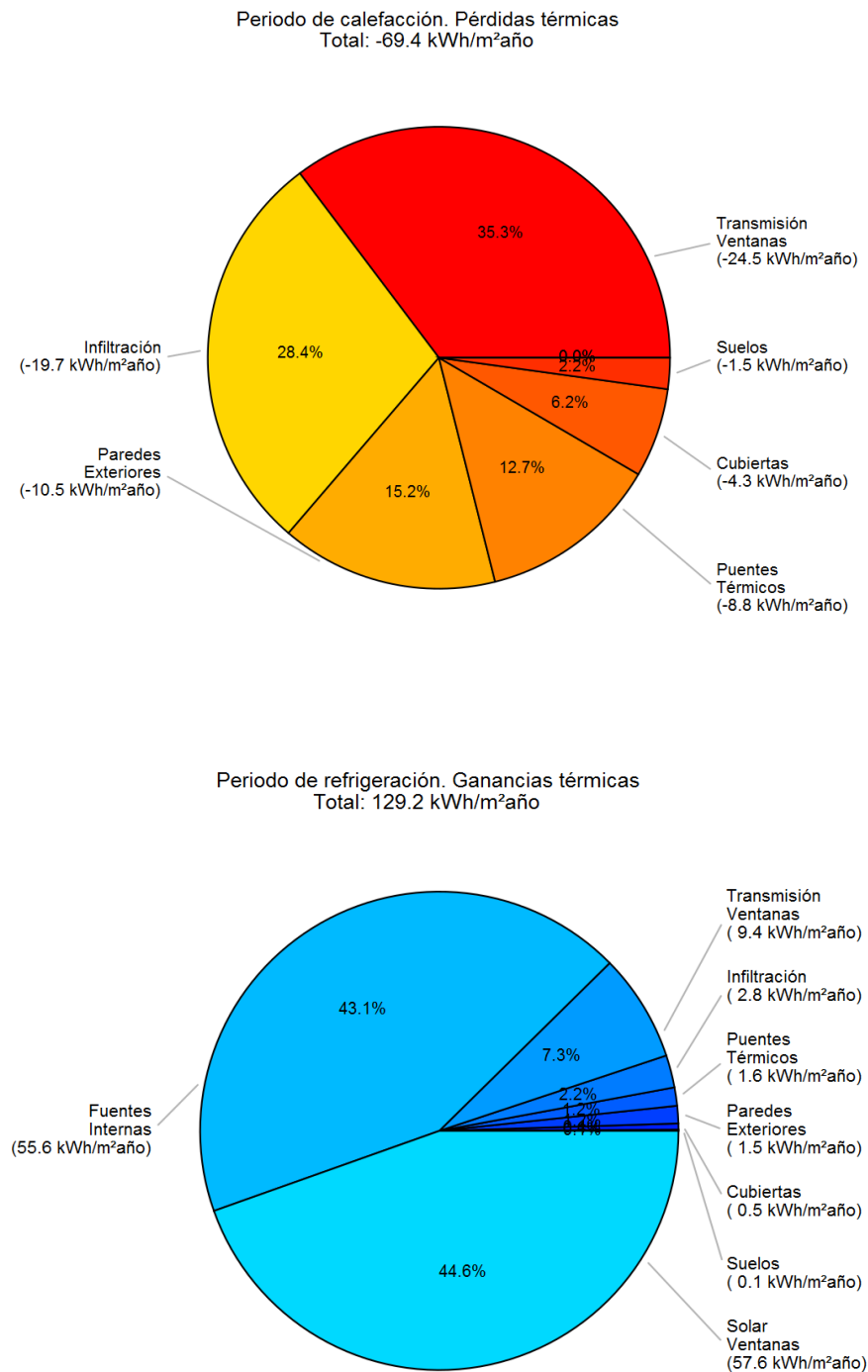
**Figura 4-18: Demandas por componente del edificio en conjunto**

De la gráfica anterior se puede deducir que el gran problema en los meses de verano es la radiación solar que entra por las ventanas junto con el calor aportado por las fuentes internas. Aunque en invierno ambas ganancias térmicas ayudan a disminuir la demanda de calefacción, el aporte que ha de realizarse en verano es bastante mayor.

La transmisión de las ventanas en invierno también contribuye al aumento de la demanda conjunta. Aunque en verano favorece a la disminución de la demanda, al igual que en el caso anterior en comparación las pérdidas por calefacción son mayores.

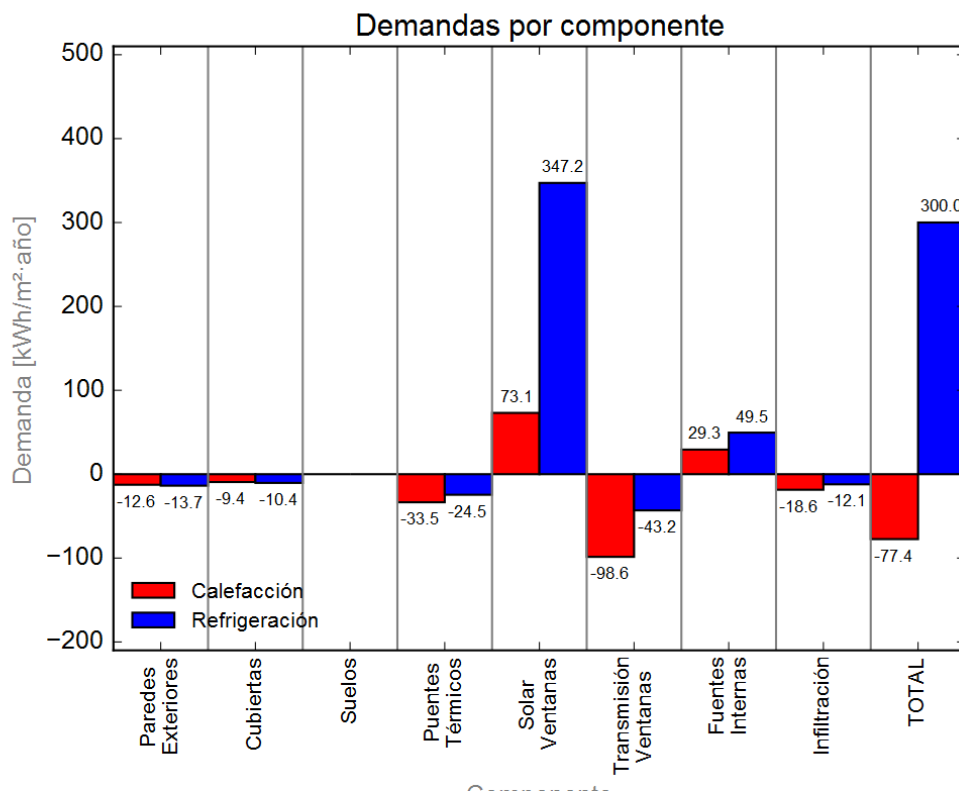
Por último, la demanda producida en la envolvente térmica del edificio (paredes exteriores, cubiertas y suelo) respecto a las anteriores no es muy significativa, con lo cual no se van a modificar los cerramientos definidos en un principio.

En la figura 4-19 se puede observar tanto el porcentaje de pérdidas térmicas durante el período de calefacción como el porcentaje de ganancia térmica durante el período de refrigeración.



**Figura 4-19: Porcentaje de pérdida térmica según componente durante el invierno y porcentaje de ganancia de calor por componente en verano, respectivamente**

En los espacios orientados al sur las diferencias son aún más notorias:



**Figura 4-20: Demanda por componente en el espacio P03\_E23.**

La demanda de refrigeración se dispara debido a la gran superficie acristalada con orientación sur, tal y como se aprecia en la figura anterior.

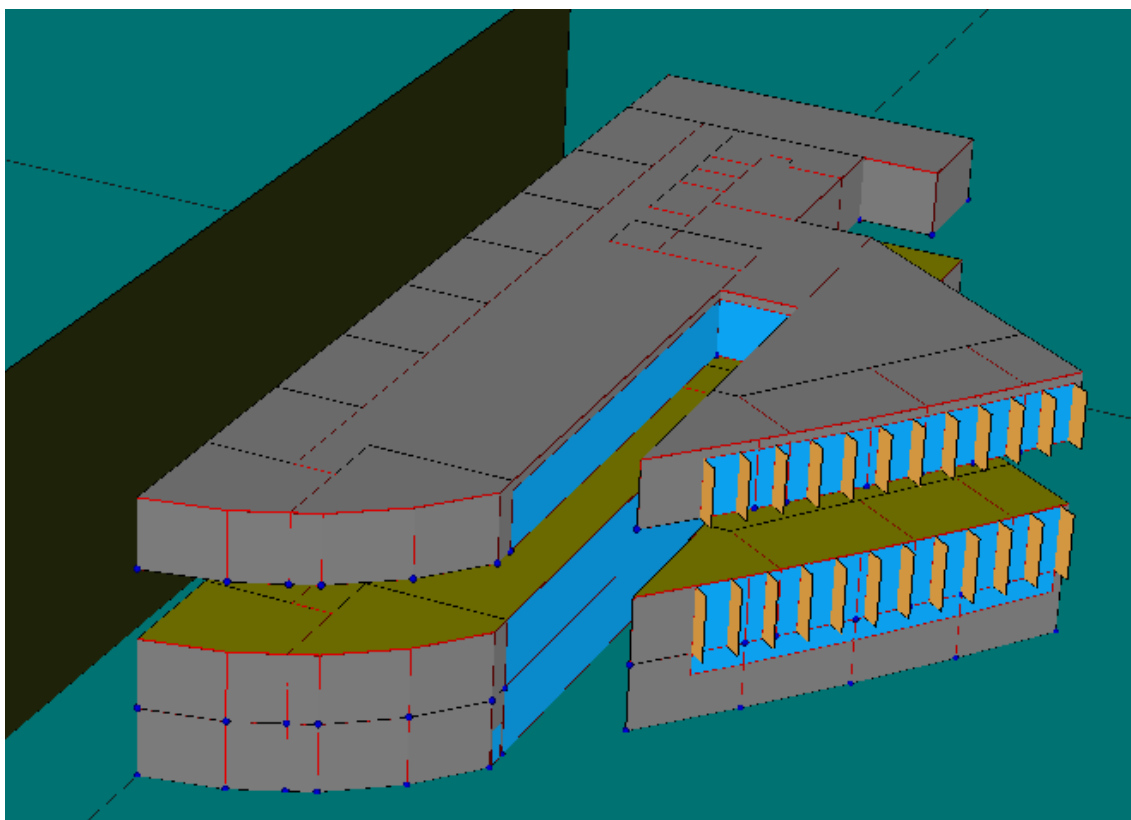
#### **4.2.1. Cambio de acristalamiento en fachada sur + Instalación de salientes + Modificación de la potencia de iluminación**

En primer lugar se opta por cambiar el vidrio doble por un doble de baja emisividad de manera que la transmitancia térmica disminuya. Además, con este cambio también se logra una disminución del factor solar del vidrio, lo que también es favorable para los intereses que se persiguen. El tipo de marco también se modifica para que las pérdidas producidas en él sean menores. En resumen, las ventanas orientadas al sur quedan de la siguiente forma (Tabla 4-5).

|               |                                                                     |                                       |                                             |
|---------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>Vidrio</b> | Doble bajo emisivo 0,03-0,1 en posición vertical:<br>VER_DB2_4-12-4 |                                       | U=1,8 W/m <sup>2</sup> K                    |
|               |                                                                     |                                       | Factor Solar=0,55                           |
|               | <b>Marco</b>                                                        | PVC en posición vertical tres cámaras | U=1,8 W/m <sup>2</sup> K                    |
|               |                                                                     |                                       | Absortividad=0,7                            |
|               |                                                                     | Porcentaje                            | 21%                                         |
|               |                                                                     | Permeabilidad al aire                 | 25 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> a 100 Pa |

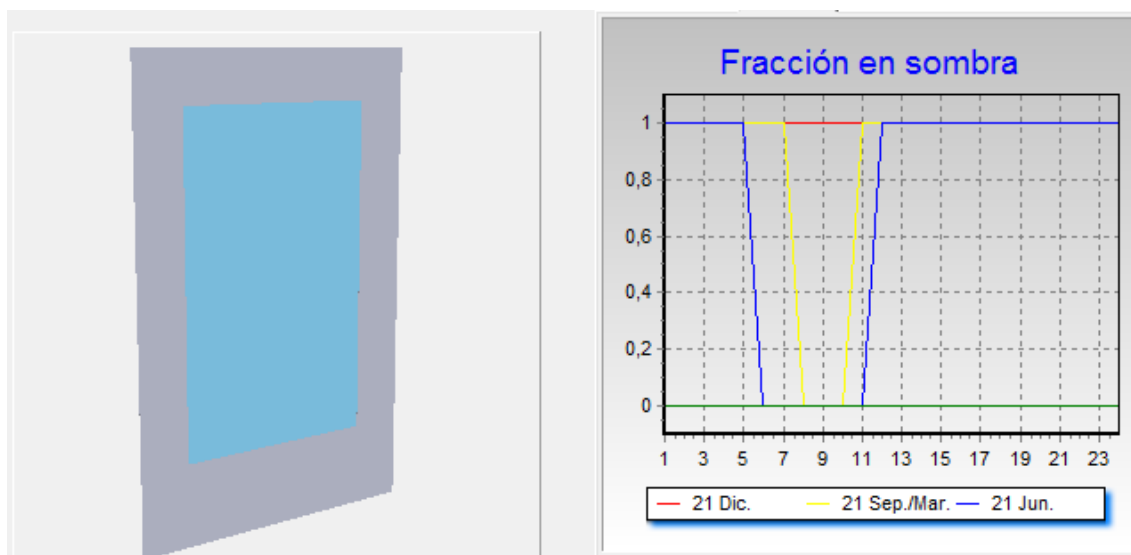
**Tabla 4-7: Propiedades de las nuevas ventanas definidas en la fachada sur**

Además, para lograr disminuir la radiación se proyecta la instalación de unos salientes laterales en las tres plantas superiores de la fachada sureste cada dos metros de ventana, tal y como se muestra en la siguiente figura:



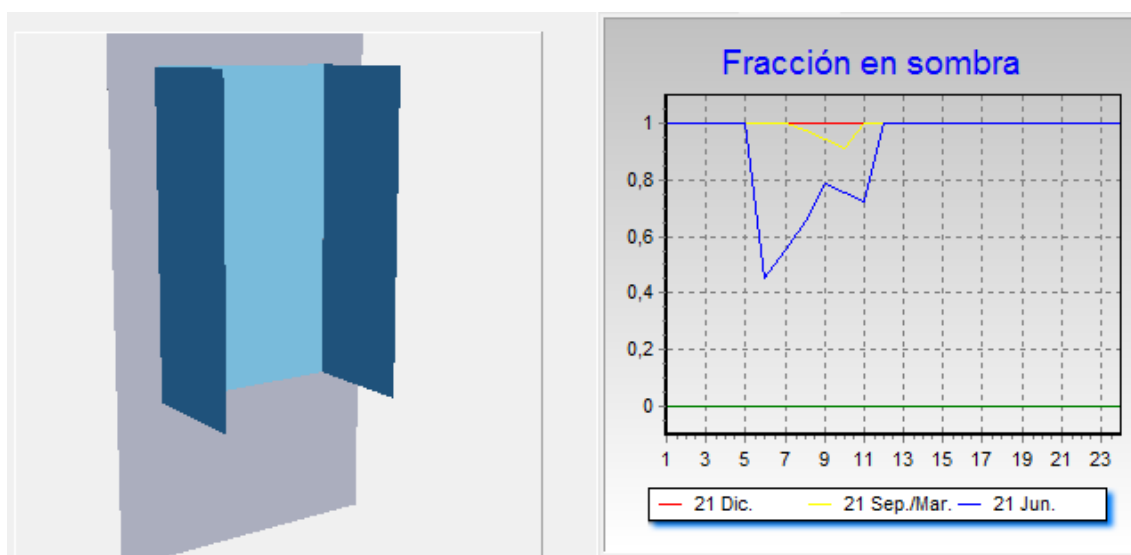
**Figura 4-21: Edificio final con salientes en fachada sureste**

En la figura 4-22 se puede observar cómo varía el factor de sombra en la superficie acristalada en 3 días diferentes en función de la hora solar. Se puede comprobar como el 21 de junio, que coincide con el día de mayor número de horas de radiación del año, las ventanas sufren una insolación continua y total durante unas 5 horas.



**Figura 4-22: Fracción en sombra de la ventana sin salientes**

Con los salientes introducidos, cuyo ancho es de 1,2 metros y de largo el total de la ventana, se logra la reducción de la insolación máxima en torno a un 50%, como se aprecia en la siguiente figura:



**Figura 4-23: Fracción en sombra de la ventana con salientes**

Por último, con el objeto de reducir la ganancia de energía durante el verano debido a las fuentes internas, se opta por instalar un alumbrado LED cuya potencia es de  $4,4 \text{ W/m}^2$ .

Con esta modificación, el valor de la densidad de las fuentes internas para la iluminación cambia, y como consecuencia la densidad de fuentes internas también.



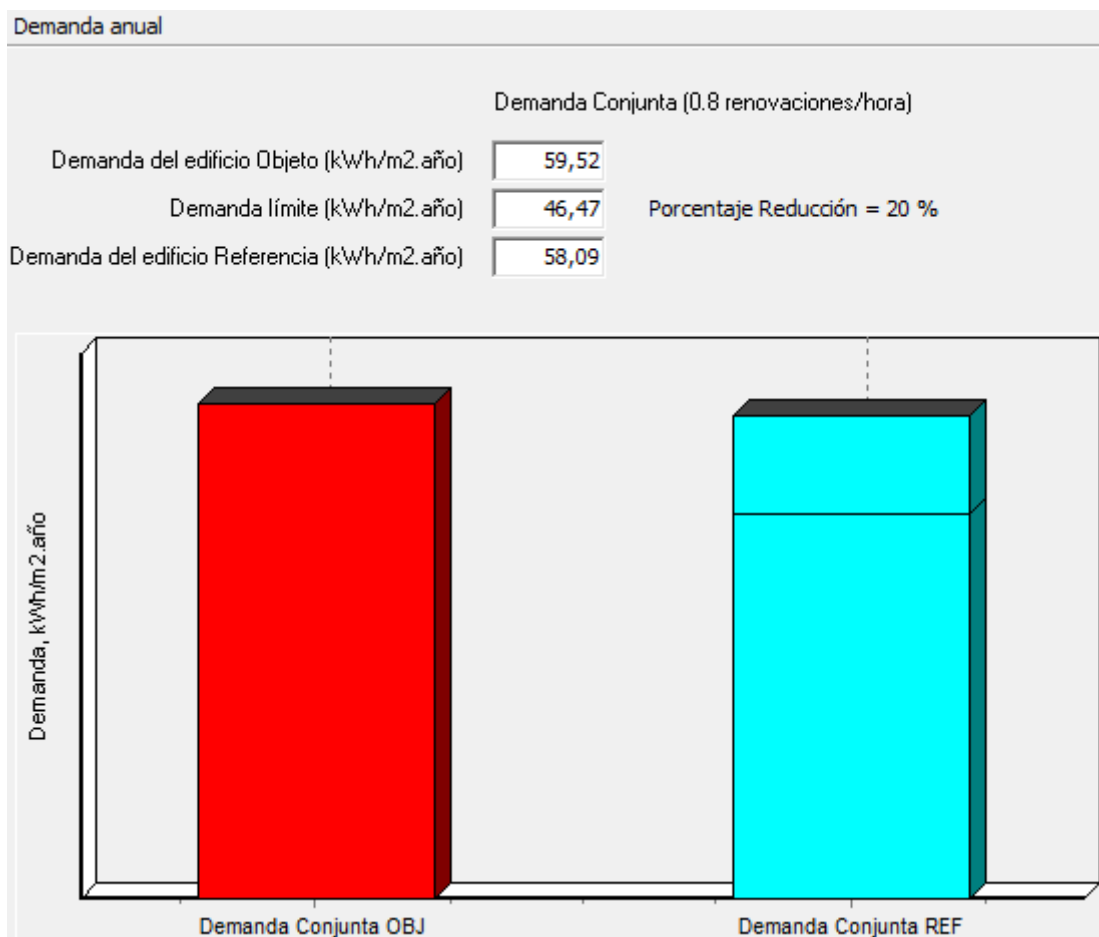
$$\Sigma C_{il} = (5 \text{ días} * 1 * 12 \text{ horas/día} + 1 \text{ día} * 1 * 8 \text{ horas/día}) * 4,4 \text{ W/m}^2 = 299,2 \text{ Wh/m}^2$$

$$C_{FI} = \frac{680}{7 * 24} + \frac{299,2}{7 * 24} + \frac{510}{7 * 24} = 8,86 \text{ W/m}^2$$

La consecuencia de esta modificación es importante, puesto que la carga de las fuentes internas pasa a ser MEDIA, lo que produce que según la Tabla 4-4 el porcentaje de ahorro mínimo pase a ser del 20% en vez del 15%.

Aunque este cambio va a hacer que sea más difícil cumplir el DB-HE1, a la hora de calificar energéticamente el edificio se verá como las emisiones de CO2 debido a la iluminación no son tan altas.

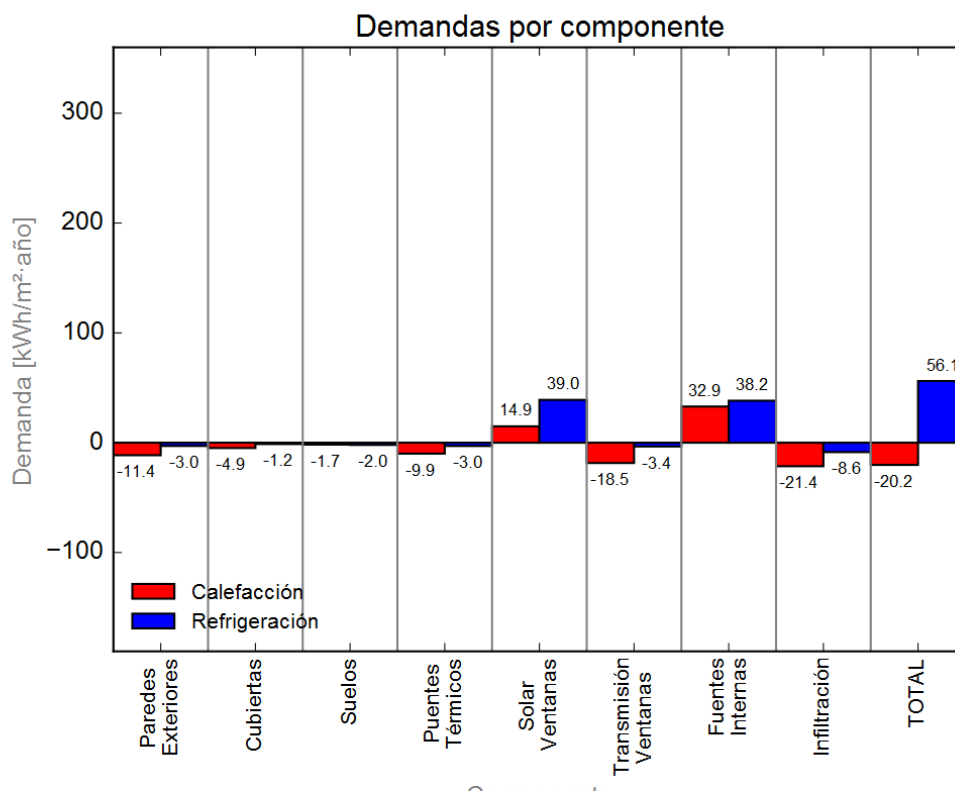
Tras recalcular convenientemente los puentes térmicos, el resultado que arroja el programa es el siguiente:



**Figura 4-24: Resultado para la demanda energética conjunta del edificio con las modificaciones propuestas**

Las mejoras propuestas eran correctas ya que la demanda energética conjunta se ha reducido significativamente. No obstante, estas modificaciones no son suficientes para que el edificio cumpla lo establecido en el HE1.

Si se atiende a la gráfica de demanda por componentes en este caso:



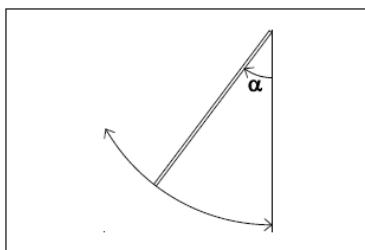
**Figura 4-25: Demanda por componente tras las modificaciones propuestas**

Comparando las figuras 4-18 y 4-25, se ha logrado una reducción considerable de las pérdidas por transmisión en las ventanas así como en los puentes térmicos durante el período de invierno por lo que el cambio del vidrio es una buena idea. Además, la ganancia térmica debido a fuentes internas también ha disminuido gracias al cambio en la iluminación. No obstante, se aprecia por otro lado un notable descenso del aporte solar durante el período de invierno debido a que la instalación de los salientes impide que la radiación entre en los espacios durante todo el año, por lo que la demanda de calefacción sube. Por lo tanto, se ha de perseguir una forma de que la radiación solar se evite sólo en verano, puesto que en invierno es favorable para la disminución de la demanda energética, y de esta forma poder cumplir el DB-HE1.

#### 4.2.2. Instalación de toldos en vez de salientes

La forma más eficaz de conseguir lo expuesto anteriormente es mediante la instalación en el exterior de toldos o algún sistema de sombreado similar de forma que durante el período de invierno no se utilicen y dejen pasar la radiación, mientras que durante los meses de verano se apliquen para aumentar la zona sombreada sobre las ventanas y que no se produzca aporte de calor al edificio.

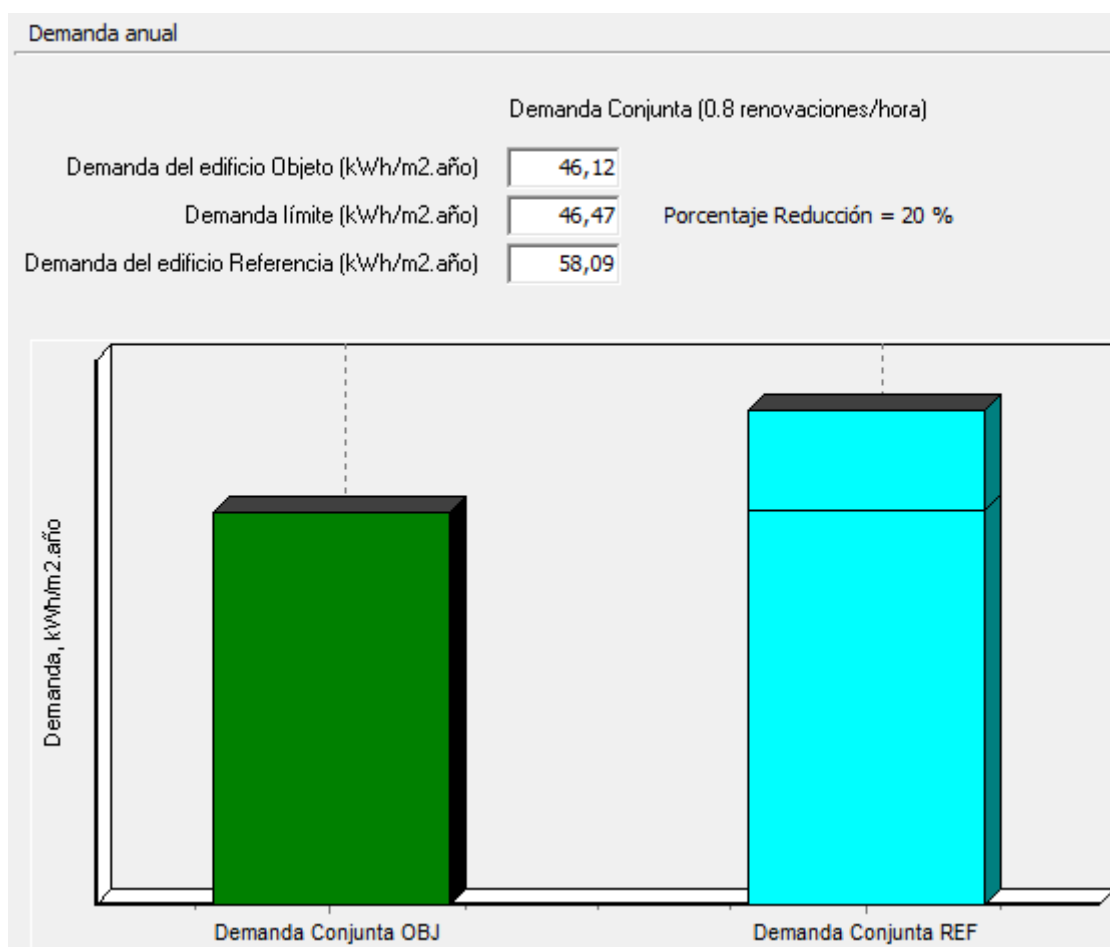
En el documento de apoyo DA-DB-HE1 para el cálculo de parámetros característicos de la envolvente térmica vienen recogidos los distintos factores de sombra para obstáculos en fachada según el tipo de obstáculo y sus características. Para el caso de los toldos:

|  | CASO A   | Tejidos opacos<br>$\tau=0$ |      | Tejidos translúcidos<br>$\tau=0,2$ |      |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------------|------|------------------------------------|------|
|                                                                                    | $\alpha$ | SE/S/SO                    | E/O  | SE/S/SO                            | E/O  |
|                                                                                    | 30       | 0,02                       | 0,04 | 0,22                               | 0,24 |
|                                                                                    | 45       | 0,05                       | 0,08 | 0,25                               | 0,28 |
|                                                                                    | 60       | 0,22                       | 0,28 | 0,42                               | 0,48 |

**Figura 4-26: Factor de sombra para obstáculo de fachada: toldos**

Se opta por toldos a 45° con un tejido opaco que se instalarán en todas las ventanas de la fachada sureste en las tres plantas superiores y en la tercera planta tanto en las ventanas de la fachada oeste como en el pasillo central.

Una vez aplicadas estas medidas, finalmente la demanda conjunta de calefacción y refrigeración es más de un 20% inferior a la demanda del edificio referencia, por lo que el edificio cumple con las especificaciones de la exigencia básica HE1: limitación de demanda energética para edificios cuyo uso no sea residencial, como se puede apreciar en la figura 4-27.



**Figura 4-27: Resultado para la demanda energética conjunta del edificio final**

#### 4.2.3. Otras medidas de mejora

Todas las modificaciones propuestas anteriormente son relativamente tangibles y se pueden medir o calcular con mayor o menor coste computacional. Sin embargo, en la actualidad surge con fuerza el diseño de edificios nuevos con parámetros de arquitectura bioclimática. La arquitectura bioclimática consiste en la optimización al máximo una serie de parámetros del edificio que, en función de su emplazamiento, su entorno y características climáticas de la zona, permitan un comportamiento óptimo y adecuado del mismo para conseguir una mayor eficiencia energética y minimizar al máximo el impacto ambiental sobre su entorno. También tiene como objetivo diseñar el edificio para conseguir calentamiento pasivo en invierno y el enfriamiento pasivo en verano.

Algunas técnicas como la instalación de elementos de protección pasiva exteriores, la reducción de los puentes térmicos o la mejora de los vidrios que

forman las ventanas utilizados anteriormente también forman parte de la arquitectura bioclimática. Sin embargo, hay diversas técnicas de mejora de la demanda que son en la mayoría de los casos difíciles de cuantificar y que el autor considera que pueden tener especial relevancia en el futuro.

Algunas de estas técnicas aplicables a edificios del sector terciario son:

#### **a) Cubiertas ecológicas ajardinadas**

Este sistema presenta muchas ventajas, tanto desde el punto de vista arquitectónico como estético y medioambiental. La vegetación absorbe contaminantes y produce oxígeno con el consiguiente efecto positivo sobre el medio ambiente. También mejora el aislamiento térmico total de la cubierta así como su aislamiento acústico, consiguiendo ayudar a conseguir condiciones importantes de confort en el interior.

#### **b) Fachadas vegetales**

Se puede conseguir una reducción del aporte solar de hasta un 20%, mediante fachadas vegetales o plantando una fila de árboles de hoja caduca que ayuden a verano y a reducir el aporte de energía solar en incrementarlo en invierno.

#### **c) Fachadas ventiladas**

Realizadas con placas cerámicas o de piedra sobre una subestructura de perfiles metálicos normalmente de aluminio, dejando una cámara de aire que ventila por convección natural con el cerramiento principal, a través de la cual se disipa gran parte de la energía absorbida por la capa exterior. También existen soluciones integrales similares con paneles solares térmicos y fotovoltaicos integrados en el cerramiento exterior de fachada.

#### **d) Fachadas de doble piel de vidrio**

Este sistema está formado por dos superficies acristaladas, separadas entre sí por una cámara de aire continuamente ventilada, de forma que se crea una segunda piel exterior fijada al muro por un sistema de anclajes.

### 4.3. Cálculo de cargas térmicas

La demanda de calefacción y refrigeración calculada en el apartado anterior ha de satisfacerse de alguna forma con el fin de alcanzar unas condiciones de confort en el interior del edificio.

No obstante, para dimensionar correctamente los equipos no es válido el dato de demanda energética que da directamente la HU, sino que es necesario conocer la carga térmica de calefacción y refrigeración para cada espacio del edificio.

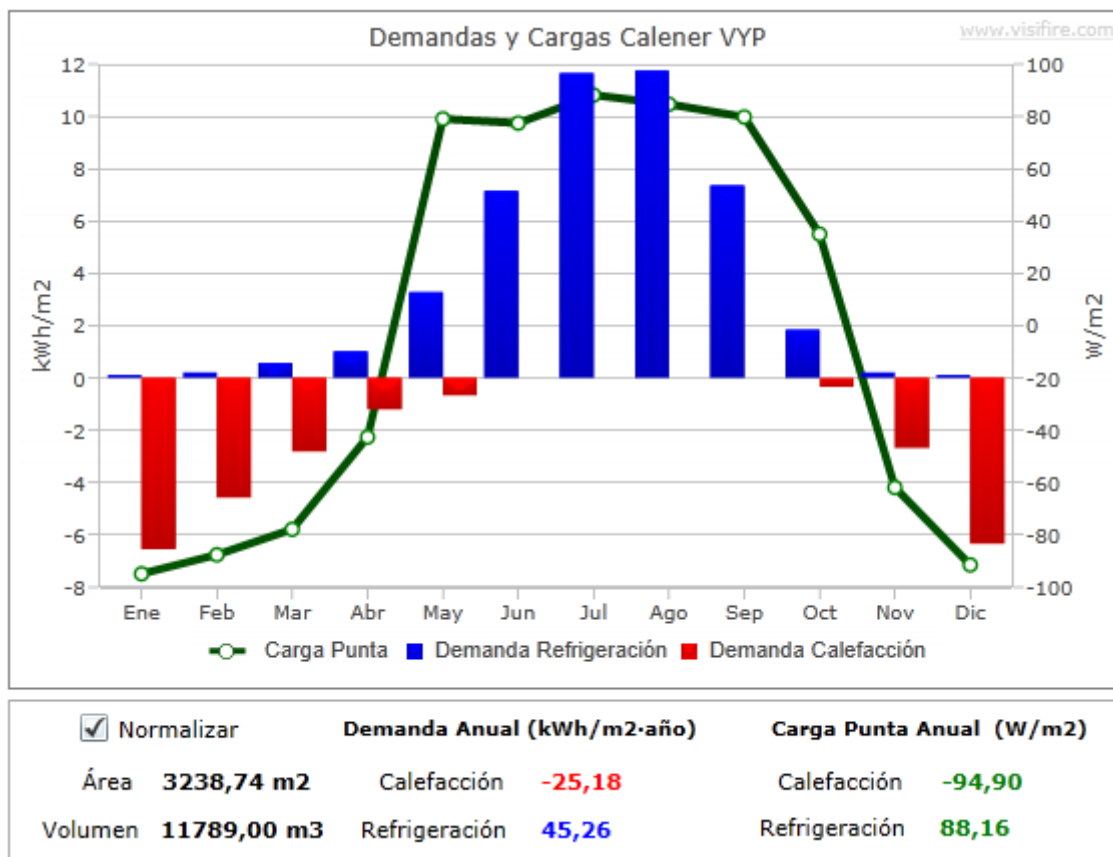
La carga térmica asociada a un espacio se define como el calor que hay que extraer o suministrar para mantener una temperatura y humedad de consigna en dicho espacio, en un determinado instante. La carga térmica es, por tanto, función del tiempo (dependerá de la fecha y la hora considerada). Se obtiene al sumar los efectos de las ganancias o pérdidas instantáneas de energía producidas por las fuentes internas, la irradiación solar, la ventilación, y la transmisión a través de la envolvente del recinto.

Para determinar la potencia de los sistemas a instalar, se consideran las cargas térmicas máximas que son las máximas cargas de refrigeración y calefacción que se dan a lo largo del año. Normalmente se considera las 7 horas del mes de enero para calefacción y las 15 horas del mes de julio para refrigeración.

Sin embargo, el dato del que se dispone es la demanda energética, que es el resultado de integrar la potencia de extracción a lo largo de todo un año. A su vez, la potencia de extracción se define como la energía instantánea útil que necesitan los equipos de climatización para vencer la carga térmica. En el supuesto de que los equipos funcionaran al 100% y de forma continua, la potencia de extracción coincidiría con la carga térmica. Pero como muestra la figura 4-3, los equipos sólo trabajan durante 68 horas a la semana. De tal forma, el resultado no es directo y es difícil de calcular.

Para solventar este problema, se recurre a la aplicación elaborada por *Aurea Consulting* que permite obtener más datos del archivo simulado en la HU. De esta manera, se obtiene la carga pico anual tanto para refrigeración como para calefacción de cada espacio del edificio.

La siguiente figura recoge la distribución de cargas térmicas a lo largo del año en el conjunto del edificio.



**Figura 4-28: Demanda energética y cargas térmicas del edificio completo**

En la figura 4-28 se observa como los valores de Watios por metro cuadrado del edificio tanto para refrigeración como calefacción rondan los  $90 \text{ W/m}^2$ , un valor que indica que el edificio está bien aislado gracias a las mejoras propuestas en el apartado 4.2.

Las cargas máximas para cada espacio se recogen en el anexo II.

#### 4.4. Instalación de climatización

Una vez que se sabe qué cantidad de energía ha de aportarse o extraerse de cada espacio, se presentan diferentes opciones de acondicionar estos locales con el fin de obtener condiciones de confort en todo momento mediante el programa CALENER VYP.

Para la definición de los sistemas, el programa hace referencia a los conceptos de Equipos, Unidades Terminales y Factores de corrección (Tablas o Curvas

de comportamiento). Para todos ellos existe una base de datos que es gestionada internamente por el programa.

Los Equipos y Unidades Terminales agrupan todos los datos asociados a cada uno de los equipos principales que forman los sistemas de acondicionamiento: calderas, equipos autónomos, radiadores, etc.

Los Factores de corrección (Tablas de Comportamiento y Curvas de comportamiento) recogen la variación de las prestaciones de los equipos al variar determinadas magnitudes, por ejemplo, las curvas de rendimiento del equipo en función de la carga parcial; o la capacidad de un equipo autónomo aire-aire, de sólo frío, en función de la temperatura de entrada del aire exterior, y de las temperaturas seca y húmeda interiores.

#### **4.4.1. Sistema VRV a 2 tubos bomba de calor**

Existen distintas alternativas en el mercado para climatizar el aire de un local o edificio. Una de ellas es la bomba de calor, que permite adecuar el ambiente de un recinto tanto en verano como en invierno, al ser un equipo capaz de proporcionar aire frío o caliente. Por este motivo es un dispositivo altamente utilizado en España, ya que con un solo aparato se cubren ambas necesidades.

El funcionamiento de la bomba de calor aire-aire (se extrae calor del aire para cederlo al aire) es similar al de un aparato convencional de aire acondicionado. Un compresor aumenta la presión del gas refrigerante, que se dirige a una batería (condensador) donde se licúa y cede su calor latente de condensación a una corriente de aire forzada mediante un ventilador. Seguidamente, el líquido refrigerante pasa a una válvula de expansión donde disminuye su presión, llegando a evaporarse de nuevo una pequeña parte del mismo. El líquido a baja presión se dirige a otra batería (evaporador) donde pasa a estado gaseoso y absorbe su calor latente de vaporización de otra corriente de aire generada por un ventilador. Así, en una zona de la bomba de calor hay una corriente que se enfría y en la otra parte hay una corriente que se calienta. La incorporación de una válvula de 4 vías entre el compresor y uno de los intercambiadores permite invertir el sentido del flujo del fluido refrigerante. Esto



significa que cualquiera de las dos baterías puede actuar como condensador o evaporador, permitiendo introducir aire caliente o frío al interior del espacio.

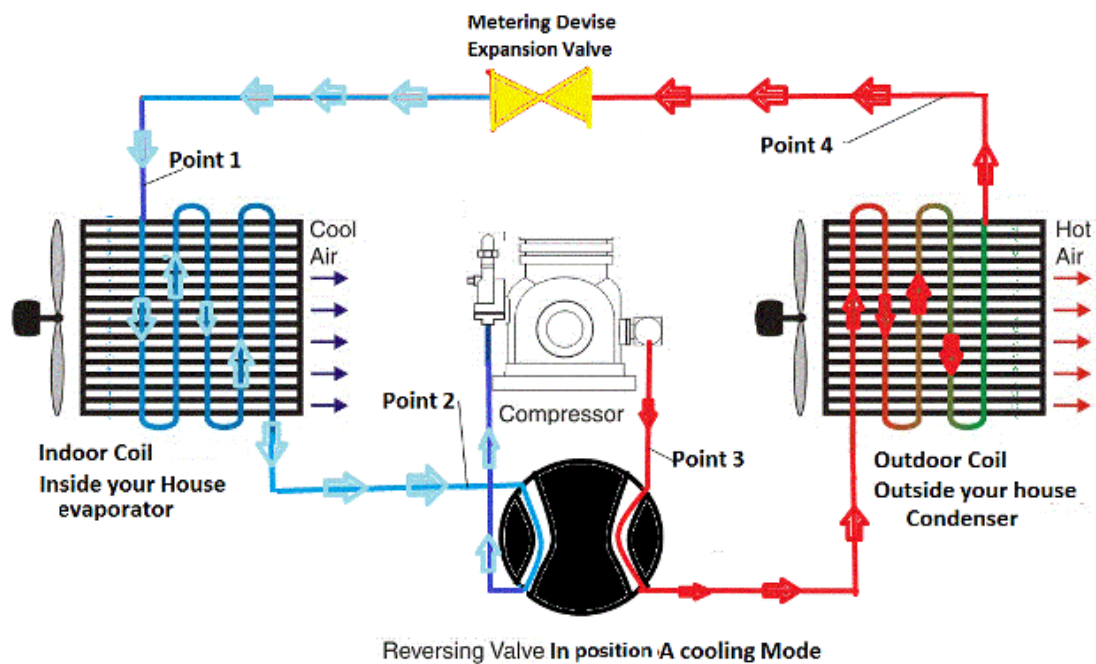


Figura 4-29: Bomba de calor en modo refrigeración

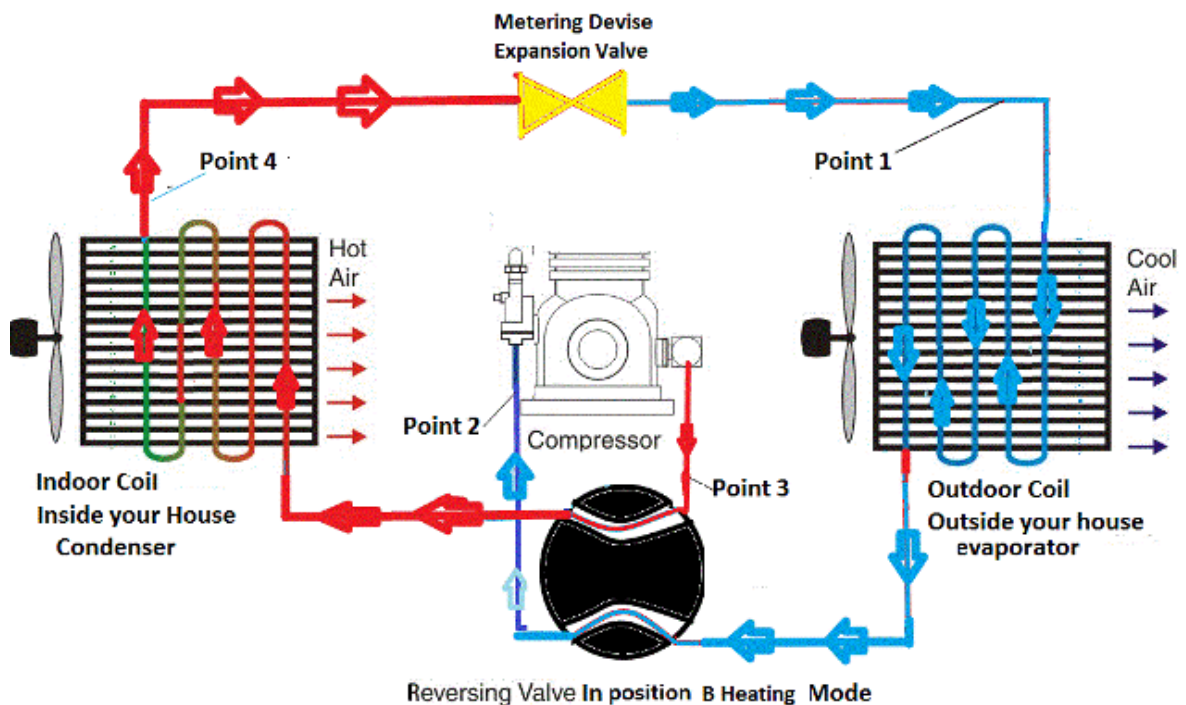


Figura 4-30: Bomba de calor en modo calefacción

Las iniciales VRV significan “Volumen de Refrigerante Variable”, aunque el término preciso sería “Caudal de Refrigerante Variable”. Son sistemas cuyo funcionamiento es análogo al de la bomba de calor anteriormente explicado. A diferencia de la bomba de calor, los sistemas VRV tienen la capacidad de poder variar el caudal de refrigerante aportado a las baterías de evaporación-condensación, controlando así más eficazmente las condiciones de temperatura de los locales a climatizar.

Los sistemas VRV de acondicionamiento de aire han resultado de la evolución de los sistemas “Multi-Split”. Son sistemas de bomba térmica reversible que permiten conectar varias unidades interiores con una sola unidad exterior a través de dos tuberías de cobre por donde circula el fluido refrigerante.

El sistema VRV basa su funcionamiento en el motor del compresor. Este motor que hace funcionar al compresor albergará un sistema de variación de frecuencia, en contraposición a los compresores todo/nada clásicos. Así, el compresor trabajará a menor o mayor rendimiento dependiendo de la información recibida del sistema de control del espacio (termostatos y sondas). Cuando el compresor trabaja a menor potencia se suministra un caudal de refrigerante menor hacia el evaporador/condensador, disminuyendo la cantidad de calor absorbido/cedido a la sala. Así el control de la temperatura del local es mucho más preciso y el control frecuencial del compresor disminuye los paros y puestas en funcionamiento que son motivo de desgaste del mismo.

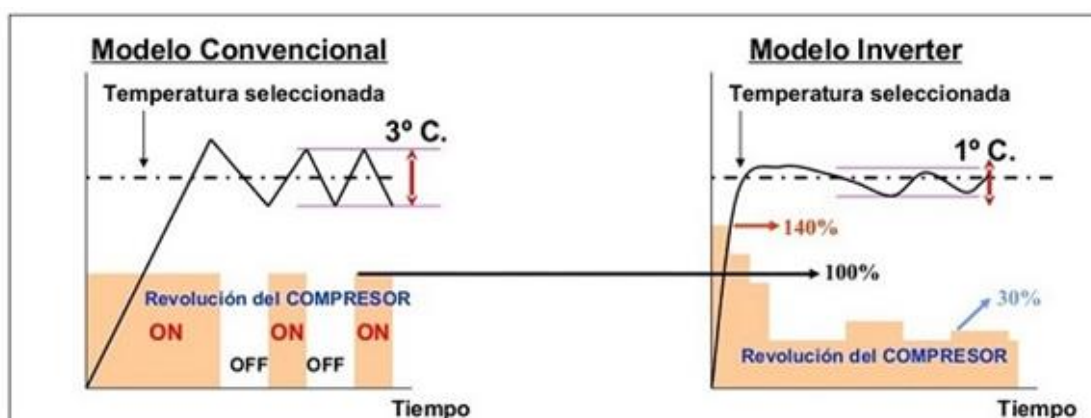


Figura 4-31: Compresor convencional vs compresor Inverter

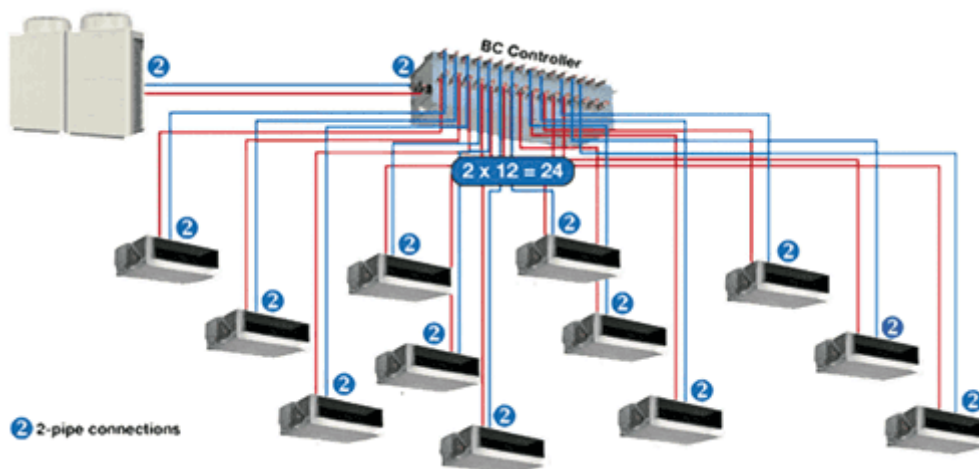
En la figura 4-31 se aprecia cómo con el sistema convencional todo/nada, la temperatura del recinto varía rápidamente cuando el compresor se detiene, haciendo fluctuar la temperatura que el cuerpo humano puede apreciar causándole una desagradable sensación. Sin embargo, con el sistema Inverter, el rango de fluctuación de la temperatura es pequeño, dado que una vez que se alcanza la temperatura deseada el compresor no para, sino que seguirá controlando la temperatura del espacio disminuyendo o aumentando las revoluciones de giro.

En definitiva, con el sistema VRV se goza de una independencia climática en cada espacio del edificio. Cada unidad interior trabajará de manera independiente de las demás, solicitando la cantidad de refrigerante que necesite. Una válvula de expansión electrónica dejará pasar la cantidad de fluido refrigerante justa que debe entrar en la tubería.

Los componentes principales que constituyen una instalación VRV son:

- **Equipos exteriores:** Son equipos productores condensados por aire de tipo vertical, con ventilador superior de tipo axial, diseñados para ser ubicados en el exterior preferiblemente sobre cubiertas de edificios. Estos equipos se acoplan en paralelo formando filas, de forma que se va sumando su capacidad frigorífica.
- **Redes de tuberías de refrigerante:** Los equipos productores se unen en paralelo a sendos colectores de líquido y gas. De estos colectores parte una red de tuberías de cobre para el transporte de refrigerante en forma ramificada hasta los distintos equipos terminales, con diámetros adecuados a la potencia total. Las secciones de estas tuberías son pequeñas por lo que requieren de poco espacio técnico para su instalación, lo que supone una gran ventaja respecto a otros sistemas más voluminosos. En el sistema VRV de dos tubos una tubería se emplea para transportar líquido y la otra para gas (aspiración en frío y descarga en calor).
- **Unidades interiores:** Se asemejan a las unidades interiores tipo Split, pero constan de una válvula de expansión electrónica de doble dirección de paso para ajustar el flujo de refrigerante en cada unidad. Puede encontrarse instalada en la propia unidad interior o de forma remota.

Existen de tipo pared, suelo, techo, cassette o conductos y presentan una forma similar a los equipos autónomos del mismo nombre.



**Figura 4-32: Esquema VRV a 2 tubos**  
**Fuente: Mitsubishi**

Para conocer exactamente la potencia y consumo que tiene un equipo concreto, se recurre a un fabricante. En este caso se utiliza el catálogo para VRV proporcionado por Daikin, tanto para las unidades exteriores como para las interiores. Se opta por un equipo exterior de distinta capacidad para cada planta ya que la carga térmica es diferente. Además, las unidades interiores son de tipo cassette de dos vías. Todas las especificaciones técnicas de los equipos empleados se pueden encontrar en el Anexo III.

A continuación se exponen los datos que son necesarios introducir en el programa Calener VYP, así como su procedencia.

- **Unidades exteriores:** Se empleará la unidad de 34 CV para acondicionar la planta baja, para las plantas intermedias dos unidades de 42 CV y, por último, la de 48 CV para la tercera planta.
  - Capacidad total de refrigeración nominal (kW): Fabricante
  - Consumo de refrigeración nominal (kW): Fabricante. Además, se considera también el consumo de cada unidad cassette en el período de refrigeración, que es un dato del fabricante.
  - Capacidad total de calefacción nominal (kW): Fabricante

- Consumo de calefacción nominal (kW): Fabricante. En este caso también se suma el consumo de cada unidad cassette en el período de calefacción, que es proporcionado también por el fabricante.

La suma de los consumos de cada unidad asciende hasta 4,51 kW, tanto en refrigeración como en calefacción.

- **Unidades interiores:** Dentro de la gama de cassettes elegida, se utilizarán los modelos 25A de 2,8 kW, 40A de 4,5 kW y 63A de 7,1 kW.
  - Capacidad total de refrigeración nominal (kW): Fabricante
  - Capacidad calorífica nominal (kW): Fabricante
  - Caudal nominal de impulsión ( $\text{m}^3/\text{h}$ ): Fabricante
  - Espacio: Estancia del edificio donde se instala la unidad interior.
  - Caudal de ventilación ( $\text{m}^3/\text{h}$ ): En el anexo II viene recogido el caudal de ventilación en  $\text{m}^3/\text{h}$  para cada espacio.

Por último, para edificios de nueva construcción el CTE exige tener en cuenta la demanda de ACS si ésta es superior a 50 l/día. De acuerdo con el uso del edificio (oficinas) en la tabla 4-8 y el número de personas estimado en el apartado 4.1.1, la demanda de ACS asciende a 600 l/día.

Los equipos exteriores VRV seleccionados cubren las necesidades de ACS del edificio, por lo que no es necesario dimensionar ningún otro equipo para satisfacer esta demanda.

| <b>Criterio de demanda</b>    | <b>Litros/día·unidad</b> | <b>unidad</b> |
|-------------------------------|--------------------------|---------------|
| Vivienda                      | 28                       | Por persona   |
| Hospitales y clínicas         | 55                       | Por persona   |
| Ambulatorio y centro de salud | 41                       | Por persona   |
| Hotel *****                   | 69                       | Por persona   |
| Hotel ****                    | 55                       | Por persona   |
| Hotel ***                     | 41                       | Por persona   |
| Hotel/hostal **               | 34                       | Por persona   |
| Camping                       | 21                       | Por persona   |
| Hostal/pensión *              | 28                       | Por persona   |
| Residencia                    | 41                       | Por persona   |
| Centro penitenciario          | 28                       | Por persona   |
| Albergue                      | 24                       | Por persona   |
| Vestuarios/Duchas colectivas  | 21                       | Por persona   |
| Escuela sin ducha             | 4                        | Por persona   |
| Escuela con ducha             | 21                       | Por persona   |
| Cuarteles                     | 28                       | Por persona   |
| Fábricas y talleres           | 21                       | Por persona   |
| Oficinas                      | 2                        | Por persona   |
| Gimnasios                     | 21                       | Por persona   |
| Restaurantes                  | 8                        | Por persona   |
| Cafeterías                    | 1                        | Por persona   |

**Tabla 4-8: Demanda de ACS según tipo de edificio**

De este modo, el sistema queda definido completamente y el programa ya puede calcular los consumos de energía final del edificio. Los consumos de energía primaria no renovable así como las emisiones de CO<sub>2</sub> son el resultado de multiplicar el consumo de energía final por un coeficiente de paso, que varía según el tipo de combustible empleado para satisfacer las cargas térmicas del edificio. Los actuales coeficientes de paso utilizados en el cálculo de la certificación energética de los edificios se recogen en el documento reconocido “Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y CALENER. Para el caso concreto de edificios del sector terciario, estos coeficientes son los siguientes:

| Energético                     | a Energía Primaria Total (kWhEP/kWhEF) | a Energía Primaria No Renovable (kWhEPNR/kWhEF) | a Emisiones de CO2 (kgCO2/kWhEF) |
|--------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------|
| Electricidad                   | 2,368                                  | 1,954                                           | 0,331                            |
| Gasoleo calefaccion / Fuel-oil | 1,182                                  | 1,179                                           | 0,311                            |
| GLP                            | 1,204                                  | 1,201                                           | 0,254                            |
| Gas Natural                    | 1,195                                  | 1,190                                           | 0,252                            |
| Carbon                         | 1,084                                  | 1,082                                           | 0,472                            |
| Biomasa no densificada         | 1,037                                  | 0,034                                           | 0,018                            |
| Biomasa densificada (pelets)   | 1,113                                  | 0,085                                           | 0,018                            |

**Tabla 4-9: Coeficientes de paso para cada fuente de energía**

El resultado que se obtiene tras la simulación de este primer sistema estudiado es la siguiente:

|               | Edificio Objeto        |          |
|---------------|------------------------|----------|
| * Demandas    | kWh/m <sup>2</sup> año | kWh/año  |
| Calefacción   | 22,9                   | 109200,0 |
| Refrigeración | 37,2                   | 177232,2 |

|                        | Edificio Objeto        |          |
|------------------------|------------------------|----------|
| Consumos Energía Final | kWh/m <sup>2</sup> año | kWh/año  |
| Calefacción            | 13,1                   | 62461,2  |
| Refrigeración          | 13,4                   | 63619,5  |
| ACS                    | 0,9                    | 4063,8   |
| Iluminación            | 14,5                   | 68948,6  |
| Global                 | 41,8                   | 199093,0 |

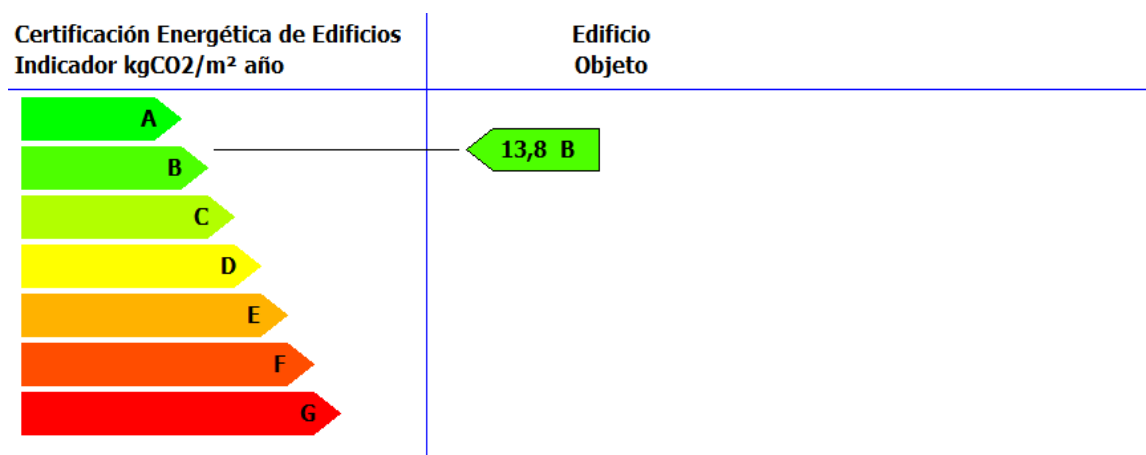
  

|                                        | Edificio Objeto        |          |
|----------------------------------------|------------------------|----------|
| Consumos Energía Primaria No Renovable | kWh/m <sup>2</sup> año | kWh/año  |
| Calefacción                            | 25,6                   | 122049,1 |
| Refrigeración                          | 26,1                   | 124312,5 |
| ACS                                    | 1,7                    | 7940,6   |
| Iluminación                            | 34,3                   | 163270,2 |
| Global                                 | 87,7                   | 417572,4 |

|               | Edificio Objeto          |           |
|---------------|--------------------------|-----------|
| Emisiones     | kgCO2/m <sup>2</sup> año | kgCO2/año |
| Calefacción   | 4,3                      | 20470,2   |
| Refrigeración | 4,4                      | 20946,3   |
| ACS           | 0,3                      | 1428,2    |
| Iluminación   | 4,8                      | 22850,5   |
| Global        | 13,8                     | 65695,2   |

**Figura 4-33: Consumos de energía final, energía primaria no renovable y emisiones del edificio**



**Figura 4-34: Etiqueta de eficiencia energética**

El edificio obtiene una calificación energética B, es decir, el consumo energético del edificio sería en torno a un 40% inferior a la media. Una de las razones por las que se obtiene este resultado es la introducción de las medidas de mejora comentadas en el apartado 4.2, que implican una reducción considerable de la demanda de calefacción y refrigeración del edificio, y por tanto conllevan a la instalación de equipos más pequeños que consumen menos.

Otra razón principal es que las unidades exteriores presentan un COP en torno a 3,5. El COP se define como el porcentaje entre el calentamiento o enfriamiento proporcionado y la electricidad consumida. Es decir, las unidades exteriores instaladas para producir 3,5 kW de frío o calor sólo necesitan 1 kW de electricidad, lo que hace que el consumo baje y con ello también las emisiones, que son las que más penalizan a la hora de calcular la eficiencia energética.

Por lo tanto, se concluye que este sistema de climatización estudiado es muy beneficioso para el edificio en materia de eficiencia energética.



#### 4.4.2. Sistema VRV a 3 tubos con recuperadores de calor

El sistema anteriormente descrito presenta un inconveniente fundamental: las unidades interiores sólo pueden funcionar en modo frío o calor, siendo imposible que una unidad interior refrigere un espacio y otra unidad interior caliente otro. En la aplicación al edificio que se está estudiando, esto puede suponer un problema debido a la gran diferencia de orientación de los espacios. Esto es, una unidad interior situada en un espacio de una planta orientado al sur puede demandar potencia de refrigeración mientras que a la misma vez un espacio de esa misma planta pero en la fachada oeste puede necesitar de un aporte de energía, debido a diversos factores como la ocupación o la insolación en cierto momento del día, sobretodo en épocas intermedias entre invierno y verano.

La solución a este problema pasa por la instalación de un sistema VRV a 3 tubos, de tal manera que la instalación consta de una tubería de líquido, una de aspiración de gas y otra de descarga de gas.

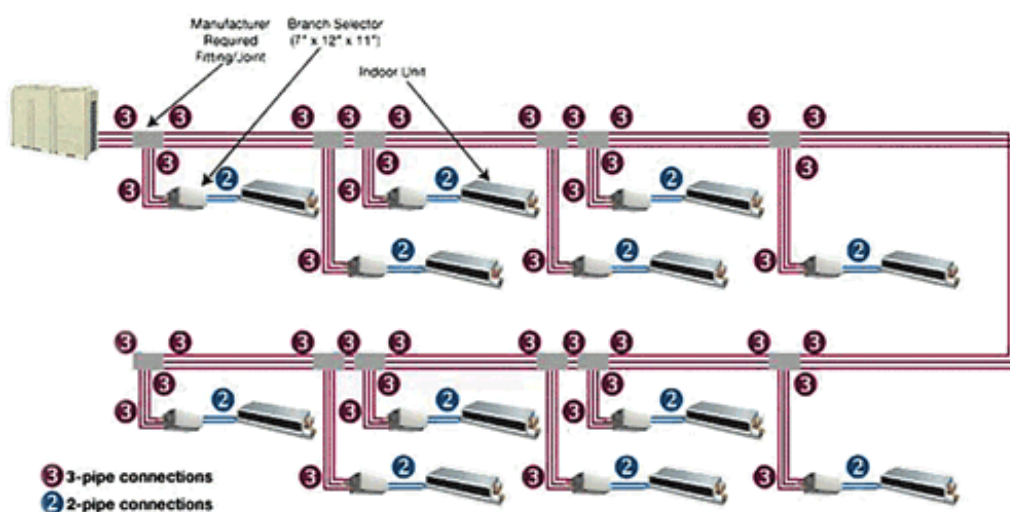
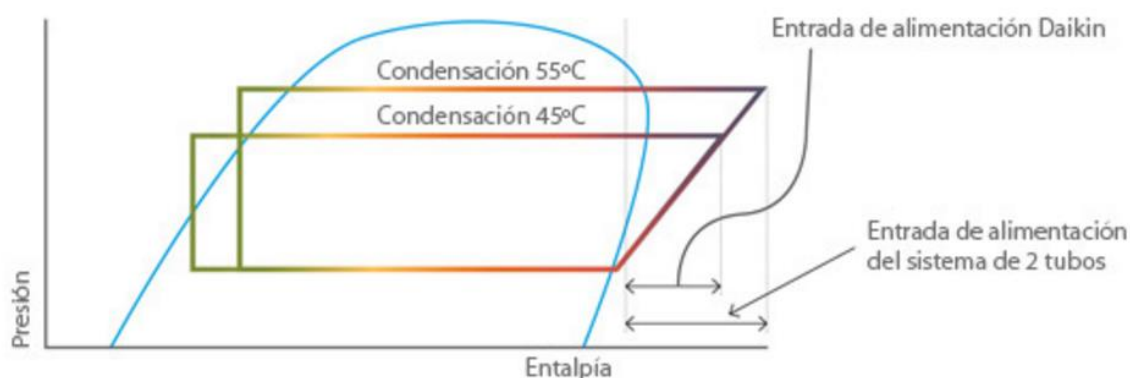


Figura 4-35: Esquema VRV a 3 tubos. Fuente: Mitsubishi

Como ya se ha visto anteriormente, la evaporación del fluido refrigerante para enfriar un local implica la condensación del mismo y la cesión de calor al ambiente exterior. Este calor de condensación se suele desperdiciar hacia el exterior en sistemas aire-aire. Los sistemas con recuperación de calor permiten aprovechar ese calor hacia otro espacio donde se precise calefacción, transportando el refrigerante en estado gaseoso proveniente de las unidades

evaporadoras hacia las unidades de calefacción, produciéndose allí la condensación del gas. Seguidamente el líquido condensado retornará a las unidades evaporadoras. Este proceso de aprovechamiento del calor se conoce como *calor gratuito* o *recuperación de calor*.

Además de esta recuperación de calor, en un sistema de 2 tubos, el gas y el líquido se desplazan en forma de mezcla, por lo que la temperatura de condensación debe ser mayor para separar el gas y el líquido refrigerante mezclados. Una temperatura de condensación más alta conlleva un mayor uso de energía para recuperar el calor, lo que se traduce en una menor eficiencia, por lo que el compresor del sistema a 3 tubos consume menos potencia.



**Figura 4-36: Comparativa del diagrama p-h del ciclo de refrigeración para ambos sistemas. Fuente: Daikin**

La introducción de la tercera tubería también produce que la caída de presión del refrigerante por las mismas sea menor, ya que el gas fluye por dos tubos de gas con un diámetro menor, mientras que en el sistema a 2 tubos el régimen es más turbulento, lo que produce estas pérdidas de presión.

Por lo tanto, un sistema VRV con recuperación de calor tiene las ventajas de un sistema VRV con el añadido de que el calor se puede transportar de una sala a otra sin desperdiciarlo, y que la eficiencia de la instalación es un poco superior.

La principal desventaja que presenta este sistema es el sobrecoste que supone la instalación de otra tubería de cobre, así como la utilización de una caja de regulación y control del sistema colocada antes de la unidad interior. No obstante, se considera beneficioso este sistema en la aplicación práctica del

edificio ante la más que probable eventualidad de demandar potencia de refrigeración en uno o varios espacios mientras que en otros se demande calefacción.

Por otro lado, El RITE según la Instrucción Técnica IT 1.2.4.5.2: “Recuperación de calor del aire de extracción”, establece que es necesario considerar la introducción de aire del exterior para ventilar las distintas zonas del edificio a climatizar en los sistemas de climatización de los edificios en los que el caudal de aire expulsado al exterior, por medios mecánicos, sea superior a  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para ello los fabricantes de sistemas VRV completan el sistema de climatización con intercambiadores de calor aire-aire, normalmente con recuperación de calor. De esta manera se cumplen 2 objetivos primordiales, ventilar las zonas internas y además recuperar una parte importante de la energía que se expulsa a través de la corriente de aire de extracción. Con ello, conseguimos que la calidad del aire en los locales ocupados sea el adecuado, de acuerdo a los requerimientos de la normativa de aplicación.

Aunque tenga el mismo nombre que la recuperación de calor vista anteriormente, hay que indicar que esta recuperación es exclusiva debida al caudal de ventilación que ha de extraerse del edificio, y no gracias a la instalación de la tercera tubería cuyas ventajas se han comentado previamente. Por lo tanto, este sistema es totalmente válido también para su utilización en sistemas de dos tubos o en cualquier otro sistema de climatización.

Los recuperadores de calor, son equipos cuya función es aprovechar las propiedades psicométricas (temperatura y humedad) del aire que extraemos del edificio, e intercambiarlas con el aire de ventilación que impulsamos hacia el interior. En este proceso de intercambio, no se mezclan el aire del exterior y el aire del interior. Con ello, conseguimos tratar previamente (precalentar o pre-enfriar) el aire exterior y, por lo tanto, reducir el consumo energético de la instalación de climatización ya que la carga térmica a combatir por aire de ventilación será mucho menor que si no existiera ese pretratamiento. Disponen además de unos filtros que reducen el nivel de contaminantes y mejoran considerablemente la calidad de dicho aire.

Para recuperar el calor de la extracción, necesitamos un elemento que nos facilite esa tarea, denominado intercambiador o core. El intercambiador está compuesto por un entramado de láminas con aperturas opuestas, por donde circulan el aire de extracción y el de impulsión. Cada una de las corrientes de aire está en contacto con sendas superficies sólidas en las cuales se produce una cesión de calor del aire más caliente con el aire más frío.

Las eficiencias mínimas en calor sensible sobre el aire exterior (%) y las pérdidas de presión máximas (Pa) en función del caudal de aire exterior ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) y de las horas anuales de funcionamiento del sistema deben ser como mínimo las indicadas en la tabla 4-8.

| Horas anuales de funcionamiento | Caudal de aire exterior ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) |     |            |     |            |     |           |     |      |     |
|---------------------------------|---------------------------------------------------|-----|------------|-----|------------|-----|-----------|-----|------|-----|
|                                 | >0,5...1,5                                        |     | >1,5...3,0 |     | >3,0...6,0 |     | >6,0...12 |     | > 12 |     |
|                                 | %                                                 | Pa  | %          | Pa  | %          | Pa  | %         | Pa  | %    | Pa  |
| $\leq 2.000$                    | 40                                                | 100 | 44         | 120 | 47         | 140 | 55        | 160 | 60   | 180 |
| $> 2.000 \dots 4.000$           | 44                                                | 140 | 47         | 160 | 52         | 180 | 58        | 200 | 64   | 220 |
| $> 4.000 \dots 6.000$           | 47                                                | 160 | 50         | 180 | 55         | 200 | 64        | 220 | 70   | 240 |
| $> 6.000$                       | 50                                                | 180 | 55         | 200 | 60         | 220 | 70        | 240 | 75   | 260 |

**Tabla 4-10: Rendimiento mínimo intercambiador de calor según RITE**

En el caso del edificio, según el perfil de uso recogido en la figura 4-3 el número de horas de funcionamiento semanales previsto es de 68 horas, lo que hace un total de 3536 horas al año. Además, se plantea la posibilidad de instalar un recuperador de calor por cada planta del edificio debido a que la eficiencia del mismo disminuye conforme aumenta el caudal. Se recuerda que en la tabla 4-2 viene recogido el caudal de ventilación de cada planta, que se corresponde con la suma de los caudales de ventilación de todos los espacios habitables, tanto acondicionados como no.

Ya que el RITE sólo exige recuperar el calor sensible, es decir, la eficiencia térmica, se instalarán recuperadores de calor sensible y no entálpicos, que sí modifican las condiciones de humedad del aire impulsado. En su lugar, el RITE exige instalar un aparato de enfriamiento adiabático sobre el aire del lado de extracción que funcionará en régimen de verano. De esta forma, cuando el aire proveniente del local entre en el intercambiador más frío y húmedo, aumentaremos el gradiente de temperatura, con lo que el aire que entre al local será más frío, aumentando la eficiencia del recuperador.

Según el fabricante seleccionado (Anexo III), se instalan 4 recuperadores con un caudal máximo de 4500 m<sup>3</sup>/h y, que según las condiciones de temperatura y humedad de la zona en invierno (0°C y 70% de humedad relativa) e interiores (20°C y 50% de HR) presentan una eficiencia térmica de 50,2%, valor superior al mínimo exigido por el RITE.

Una vez que se ha calculado la eficiencia de los recuperadores, es posible determinar el nuevo caudal de ventilación (Q') necesario en función de la eficiencia térmica de los recuperadores ( $\epsilon_t$ ) mediante la siguiente fórmula:

$$Q' = R' * V_{esp} = (1 - \epsilon_t) * R * S * (h - e_{forjado})$$

Lo ideal para determinar el ahorro energético derivado de introducir estos recuperadores de calor sería poder modificar el dato de renovaciones por hora de los espacios del edificio. Sin embargo, este parámetro tal y como se explica en el apartado 4.1.1 de la presente memoria, ha sido fijado por la nota informativa del ministerio y la HU no permite su modificación. Si se pudiera, las pérdidas por infiltración se reducirían notablemente y por lo tanto la demanda conjunta de refrigeración y calefacción también disminuiría, con lo que la calificación energética del edificio mejoraría. El único cambio que se puede implementar es modificar el caudal de ventilación asociado a las unidades interiores de cada espacio.

Por otro lado, la HU también permite indicar que el sistema de VRV es a 3 tubos, es decir, que incorpora la recuperación de calor.

En cuanto a los equipos instalados para este sistema, se considerarán los mismos que en el anterior caso puesto que la potencia de los equipos exteriores del fabricante consultado es la misma que en el anterior sistema, pero no se facilita la información de consumo de las unidades exteriores.

El resultado obtenido tras introducir las variantes relativas a la recuperación de calor debido a la instalación del sistema a 3 tubos y el caudal de ventilación nuevo con los recuperadores de calor es:

|                                        | Edificio Objeto                       |                        |
|----------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| * Demandas                             | kWh/m <sup>2</sup> año                | kWh/año                |
| Calefacción                            | 22,9                                  | 109200,0               |
| Refrigeración                          | 37,2                                  | 177232,2               |
|                                        |                                       |                        |
|                                        | Edificio Objeto                       |                        |
| Consumos Energía Final                 | kWh/m <sup>2</sup> año                | kWh/año                |
| Calefacción                            | 11,8                                  | 56007,9                |
| Refrigeración                          | 13,4                                  | 63913,8                |
| ACS                                    | 0,9                                   | 4063,8                 |
| Iluminación                            | 14,5                                  | 68948,6                |
| Global                                 | 40,5                                  | 192934,0               |
|                                        |                                       |                        |
|                                        | Edificio Objeto                       |                        |
| Consumos Energía Primaria No Renovable | kWh/m <sup>2</sup> año                | kWh/año                |
| Calefacción                            | 23,0                                  | 109439,3               |
| Refrigeración                          | 26,2                                  | 124887,6               |
| ACS                                    | 1,7                                   | 7940,6                 |
| Iluminación                            | 34,3                                  | 163270,2               |
| Global                                 | 85,2                                  | 405537,7               |
|                                        |                                       |                        |
|                                        | Edificio Objeto                       |                        |
| Emisiones                              | kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año | kgCO <sub>2</sub> /año |
| Calefacción                            | 3,9                                   | 18566,0                |
| Refrigeración                          | 4,4                                   | 20946,3                |
| ACS                                    | 0,3                                   | 1428,2                 |
| Iluminación                            | 4,8                                   | 22850,5                |
| Global                                 | 13,4                                  | 63790,9                |

**Figura 4-37: Consumos de energía final, energía primaria no renovable y emisiones del edificio**

| Certificación Energética de Edificios<br>Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año                                                                                                                            | Edificio<br>Objeto                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>A scale of energy efficiency classes from A to G, represented by colored arrows pointing right. A is green, B is light green, C is yellow-green, D is yellow, E is orange-yellow, F is orange, and G is red.</p> | <p>A green arrow pointing right, labeled '13,4 B', indicating the building's energy efficiency class.</p> |

**Figura 4-38: Etiqueta de eficiencia energética**

El resultado es muy similar al obtenido anteriormente. El descenso del consumo de energía primaria no renovable se debe exclusivamente a la introducción de los recuperadores de calor en cada planta (que también es una medida válida para el primer sistema) y no por marcar la casilla de

recuperación de calor, por lo que el resultado en materia de calificación energética es el mismo para los dos sistemas. En parte es lógico, ya que es prácticamente imposible cuantificar qué cantidad de energía se está recuperando en cada momento puesto que no se sabe a ciencia cierta cuantos equipos actuarán simultáneamente en modo calefacción o refrigeración.

No obstante, según datos del propio fabricante, el COP de los equipos puede llegar hasta 10 si la mitad de las unidades interiores funcionando en ese momento trabajan en calefacción y la otra mitad en refrigeración. Esto supondría que por cada 10 kW de aporte o sustracción de calor, el consumo es de sólo 1 kW.

Tras el análisis de resultados se concluye que este sistema a 3 tubos produce un ahorro considerable en el consumo de energía del edificio, sobre todo en épocas intermedias entre verano e invierno, pero que es prácticamente imposible determinarlo en la calificación energética del edificio.

#### **4.4.3. Caldera + VRV sólo frío**

Los sistemas VRV comentados en los apartados anteriores tienen un inconveniente fundamental: la gran cantidad de refrigerante necesario. En una instalación media como la del edificio que se está estudiando esto puede suponer un alto coste en la recarga del mismo si aparecen fugas. Además, estas fugas pueden ser peligrosas porque, aunque el gas es inocuo y no es nocivo respirarlo, sí sustituye al oxígeno de la habitación o recinto por lo que puede llegar a ser peligroso.

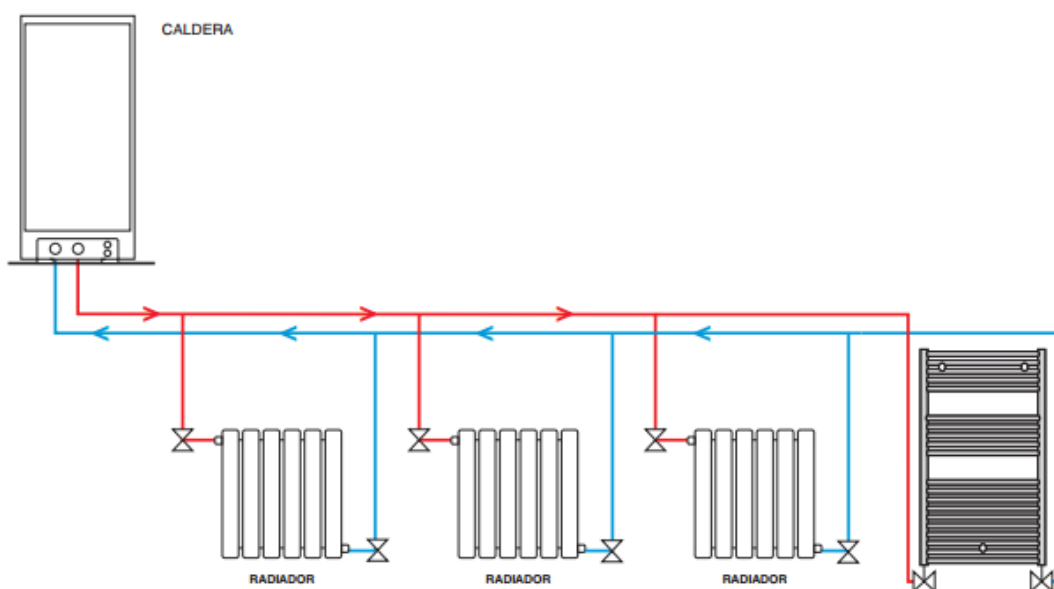
Así, surge la posibilidad de acondicionar el edificio mediante sistemas que utilicen agua como medio de aporte de calor: Instalaciones de Calefacción por Agua Caliente y Plantas Enfriadoras de Agua.

Las Instalaciones de Calefacción por Agua Caliente básicamente están compuestas por una caldera que puede funcionar mediante diferentes combustibles y todo un sistema de distribución en forma de circuito. Para poder efectuar la distribución del calor por todo el edificio, se instala un circuito cerrado de agua a presión. Generalmente consta de una tubería de impulsión a temperatura elevada y otra de retorno de los emisores, que está a menor

temperatura ya que el agua ha recorrido ese circuito transmitiendo calor al ambiente. Los materiales usualmente empleados en los circuitos son el acero estirado, el cobre y en menor proporción, el polipropileno.

Según el sistema de distribución, se distinguen sistemas monotubulares o bitubulares:

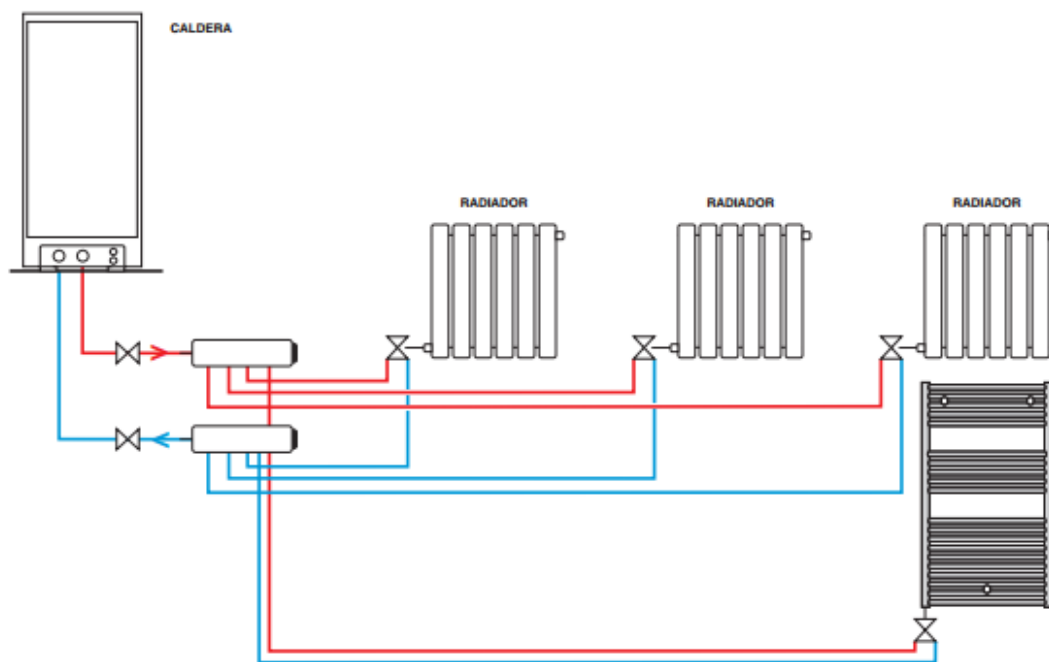
- En los sistemas monotubulares, los emisores se sitúan en serie, y la misma agua que circula por el primero seguirá hasta el último. Este sistema presenta inconvenientes por bajo rendimiento debido a que si la instalación es relativamente grande, el último radiador de la serie no recibirá el calor de los primeros.



**Figura 4-39: Sistema monotubular. Fuente: Salvador Escoda**

- Los sistemas bitubulares sitúan los emisores de calor en paralelo y cada uno recibe el agua que necesita, distribuyéndose el resto del agua hacia los otros. Este es un sistema más eficiente pero más caro porque requiere el doble de tuberías en su instalación.





**Figura 4-40: Sistema bitubular. Fuente: Salvador Escoda**

Para el caso del edificio estudiado, se dispondría un sistema bitubular, por lo sólo para la calefacción se necesitarían hasta 4 tuberías para realizar una correcta instalación.

Aparte de la caldera, de la que se hablará más adelante, las instalaciones de calefacción por agua caliente constan de los siguientes elementos:

- Emisores: Son aquellos elementos que transmiten el calor desde la instalación al ambiente. Pueden ser de varios tipos:
  - Radiadores: El agua circula por su interior a baja velocidad y gracias a superficie de intercambio con el aire se produce la emisión de calor al recinto. Por lo general se sitúan bajo las ventanas, compensando así la pérdida de calor producida por los cristales, y para mejorar (por convección) la distribución de calor en el ambiente. La cantidad de calor disipado varía según la diferencia de temperaturas existente entre la superficie del radiador y el ambiente a su alrededor. También es diferente según el tamaño de la propia superficie en contacto con ese

ambiente. Si la superficie de intercambio es grande y existe gran diferencia de temperatura el intercambio será mayor.

- Suelos Radiantes: este sistema posee una red de tuberías dispuesta bajo el pavimento que permite la transmisión directa al ambiente desde el suelo.
- Convectores o Fan-Coil: son radiadores a los cuales se les ha incorporado un ventilador que impulsa el aire caliente al ambiente y da calor más rápidamente que el radiador. El inconveniente es que produce ruido.

En el programa Calener VYP, sólo se puede trabajar con radiadores.

- Bombas circuladoras: Para poder hacer que el agua circule se requiere que esté bajo presión. Por ello se utilizan las bombas circuladoras que funcionan para que el agua recircule en forma constante.
- Aislamiento: El agua que circula por las tuberías desprende calor en todo su recorrido, por lo que para minimizar las pérdidas las tuberías deben llevar un aislamiento consistente en un recubrimiento de coquillas de espuma elastomérica y polietileno. Si discurren por el exterior, además constarán de una protección de aluminio.
- Purgadores: Si entra aire al circuito, puede generarse corrosión en las tuberías y dificultar la llegada de agua a algunos radiadores. Para evitar que ocurra esto, se instalan purgadores.
- Válvulas de seguridad: se instalan en las salas de calderas y sirven para impedir que la presión del circuito hidráulico se eleve por sobre los límites de seguridad de los materiales, evitando que se produzcan averías y accidentes.

En cuanto a la caldera, el programa Calener VYP nos permite elegir entre seis opciones. Para evitar numerosas simulaciones, se realiza un pequeño estudio de cuánto costaría producir un kWh de energía para cada una de ellas, con el fin de poder compararlas.

Es necesario conocer qué combustible emplean, así como el precio unitario por litro o kilo de éste, el poder calorífico y el rendimiento del sistema. El coste de producir un kWh viene dado por la siguiente fórmula:

$$\text{Coste} = \frac{4,18 * \text{Precio unitario}}{3600 * \text{PC} * \eta}$$

- Coste (€/kWh)
- Precio unitario (€/unidad): Coste de una unidad de combustible
- PC (kcal/unidad): Poder calorífico de una unidad de combustible
- $\eta$ : Rendimiento nominal de la caldera

En la tabla se recogen los datos necesarios de cada caldera. Se puede observar que las calderas de biomasa y las de condensación son las más rentables desde el punto de vista del coste de producción de energía, puesto que presentan un menor coste de producción del kWh.

| Sistema                      | Combustible | Precio (€/unidad) | Poder Calorífico (Kcal/unidad) | Rendimiento | Precio Kwh |
|------------------------------|-------------|-------------------|--------------------------------|-------------|------------|
| Caldera Gasóleo C standard   | Gasóleo C   | 0,89              | 8550                           | 0,88        | 0,102      |
| Caldera Gasóleo C baja Temp. | Gasóleo C   | 0,89              | 8550                           | 0,93        | 0,096      |
| Caldera de Propano           | Propano     | 1,3               | 11082                          | 0,9         | 0,112      |
| Caldera de Condensación      | Gas natural | 0,91              | 12000                          | 1,09        | 0,060      |
| Caldera de Biomasa           | Pellets     | 0,2               | 2700                           | 0,92        | 0,069      |
| Caldera Eléctrica            | -           | -                 | -                              | -           | 0,147      |

**Tabla 4-11: Tabla resumen calderas**

Las calderas de biomasa utilizan como fuente de energía combustibles naturales como los pellets de madera, huesos de aceituna, residuos forestales, cáscaras de frutos secos, etc. para generar calefacción (por radiadores, aire o suelo radiante) y agua caliente a un edificio.

La base de su funcionamiento es similar a cualquier otra caldera: las calderas de biomasa queman el combustible generando una llama horizontal que entra en la caldera. El calor generado durante esta combustión es transmitido al circuito de agua en el intercambiador incorporado en la caldera, con lo que se obtiene agua caliente para el sistema de calefacción o ACS.

La principal ventaja que presentan es que el precio de la biomasa no depende de mercados internacionales como los combustibles fósiles y se puede generar a partir de recursos locales, además de que producen menos emisiones de gases contaminantes que las calderas convencionales

Las calderas de condensación son las calderas más eficientes del mercado con un rendimiento superior al 100%. Este rendimiento se consigue aprovechando el calor latente de los humos procedentes de la combustión. Al enfriar estos humos por debajo de la temperatura de rocío (temperatura en la que el vapor de agua pasa de estado gaseoso a líquido) se libera energía en forma de calor que es aprovechada para calentar el agua del circuito. Esta energía, que las calderas convencionales desaprovechan, puede suponer un ahorro de hasta un 20% en la factura de gas.

El principal inconveniente que presentan es que obtienen el máximo rendimiento con temperaturas de impulsión bajas (50°C), por lo que los radiadores han de ser más grandes si se quiere aprovechar el máximo rendimiento.

Para ver qué caldera es más eficiente desde el punto de vista de la calificación energética del edificio, se simulará cada sistema en Calener VYP. Pero antes es necesario refrigerar de alguna forma los espacios en el período de verano.

Para ello, en los sistemas en los que se emplea agua como refrigerante aparecen las llamadas Plantas Enfriadoras de Agua o Chillers.

Los sistemas de agua enfriada se utilizan en la actualidad especialmente para grandes instalaciones de aire acondicionado, dada las ventajas que ofrecen en cuanto a distribución y centralización. Se denominan sistemas de expansión indirecta frente a los de expansión directa estudiados anteriormente, ya que en ellos el evaporador no está en contacto directo con el producto a enfriar, sino que el agua es enfriada en transferencia térmica con un refrigerante, siendo empleada como refrigerante secundario y posteriormente distribuida para el acondicionamiento del aire hasta el lugar donde se produce la demanda. El refrigerante vaporizado, está dentro de un circuito cerrado y es recuperado para que se produzca cíclicamente el cambio de estado para una producción de frío continua.

Debido a que se han de producir más conversiones de energía (aire-gas-agua-aire) frente a los sistemas de expansión directa (aire-gas-aire), la eficiencia de estas máquinas es menor.

El programa Calener VYP no contempla la posibilidad de introducir este tipo de enfriamiento del aire, sólo permite sistemas de expansión directa. Es por ello que para el caso práctico se supone que el sistema de refrigeración empleado será el mismo VRV de los casos anteriores, pero en vez de bomba de calor solo se suministrará potencia frigorífica. Ya que este sistema es más eficiente que la instalación de una Planta Enfriadora de Agua, la calificación energética obtenida será mejor incluso.

Lo estrictamente correcto hubiera sido simular este tipo de sistema en Calener GT, pero como se explicó previamente, la HU aún no integra el programa GT, sólo el VYP, y al realizar la exportación a GT da datos incongruentes en el cálculo de demanda de refrigeración y calefacción (las demandas son 500 veces superiores al dato obtenido mediante la HU).

En primer lugar, se presenta el resultado obtenido tras la simulación de la caldera de condensación más radiadores y el sistema VRV sólo frío:

|               | Edificio Objeto        |          |
|---------------|------------------------|----------|
| * Demandas    | kWh/m <sup>2</sup> año | kWh/año  |
| Calefacción   | 22,9                   | 109200,0 |
| Refrigeración | 37,2                   | 177232,2 |

|                        | Edificio Objeto        |          |
|------------------------|------------------------|----------|
| Consumos Energía Final | kWh/m <sup>2</sup> año | kWh/año  |
| Calefacción            | 15,6                   | 74078,6  |
| Refrigeración          | 13,2                   | 62801,1  |
| ACS                    | 1,4                    | 6533,9   |
| Iluminación            | 14,5                   | 68948,6  |
| Global                 | 44,6                   | 212362,1 |

|                                        | Edificio Objeto        |          |
|----------------------------------------|------------------------|----------|
| Consumos Energía Primaria No Renovable | kWh/m <sup>2</sup> año | kWh/año  |
| Calefacción                            | 18,5                   | 88153,5  |
| Refrigeración                          | 25,8                   | 122713,3 |
| ACS                                    | 1,6                    | 7775,4   |
| Iluminación                            | 34,3                   | 163270,2 |
| Global                                 | 80,2                   | 381912,3 |

|               | Edificio Objeto                       |                        |
|---------------|---------------------------------------|------------------------|
| Emisiones     | kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año | kgCO <sub>2</sub> /año |
| Calefacción   | 3,9                                   | 18566,0                |
| Refrigeración | 4,4                                   | 20946,3                |
| ACS           | 0,3                                   | 1428,2                 |
| Iluminación   | 4,8                                   | 22850,5                |
| Global        | 13,4                                  | 63790,9                |

Figura 4-41: Consumos de energía final, energía primaria no renovable y emisiones del edificio

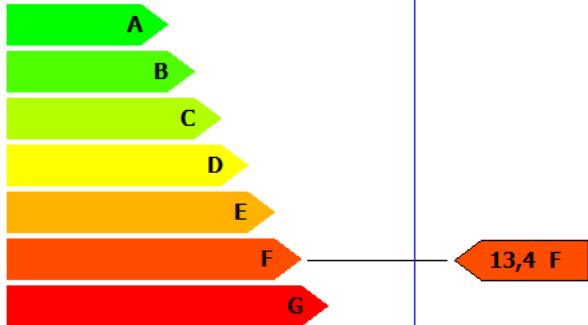
| Certificación Energética de Edificios<br>Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año | Edificio<br>Objeto |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
|       |                    |

Figura 4-42: Etiqueta de eficiencia energética

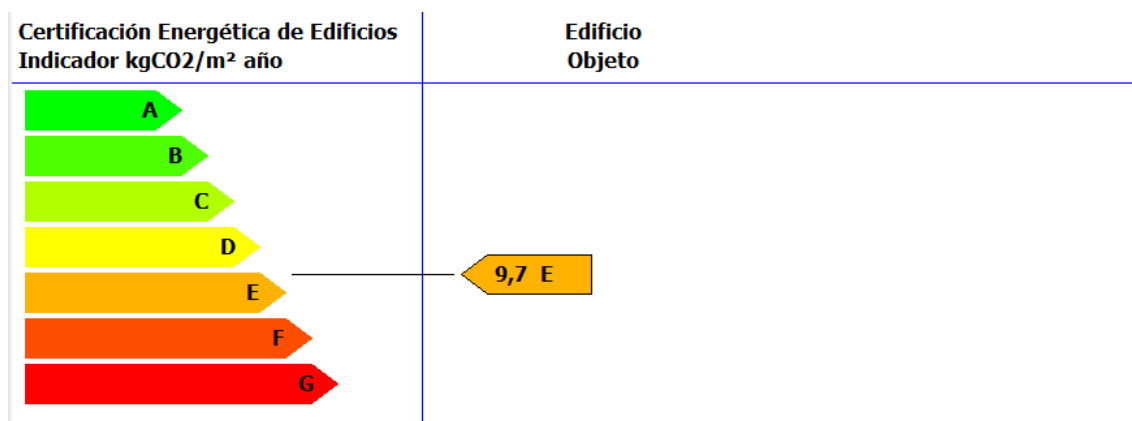
Se observa como la letra de la calificación energética se desploma hasta alcanzar la F, a pesar de que las emisiones de CO<sub>2</sub> son muy parecidas a las de los anteriores casos. Esto es debido a que este índice de calificación de eficiencia energética se calcula como el cociente entre las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> o el consumo anual de energía primaria no renovable del edificio objeto y las emisiones de CO<sub>2</sub> o el consumo anual de energía primaria no renovable del edificio de referencia, según corresponda. En consecuencia, se puede afirmar que el resultado de introducir esta caldera en vez de un sistema más eficiente como el VRV en calefacción hace que el indicador del edificio referencia baje mucho y por lo tanto la calificación energética sea más pobre, aunque las emisiones sean parejas.

En la siguiente tabla aparece la escala de calificación para edificios de otros usos, donde el índice de calificación C mide el porcentaje de ahorro de energía respecto al edificio referencia.

| Calificación |               | Índice     |  |
|--------------|---------------|------------|--|
| A            |               | $C < 0,40$ |  |
| B            | $0,40 \leq C$ | $C < 0,65$ |  |
| C            | $0,65 \leq C$ | $C < 1,00$ |  |
| D            | $1,00 \leq C$ | $C < 1,30$ |  |
| E            | $1,30 \leq C$ | $C < 1,60$ |  |
| F            | $1,60 \leq C$ | $C < 2,00$ |  |
| G            | $2,00 \leq C$ |            |  |

**Tabla 4-12: Escala de calificación para edificios de otros usos**

El resultado obtenido tras la simulación de la caldera de biomasa se recoge en la figuras 4-43 y 4-44:



**Figura 4-43: Etiqueta eficiencia energética**

|               | Edificio Objeto        |          |
|---------------|------------------------|----------|
| * Demandas    | kWh/m <sup>2</sup> año | kWh/año  |
| Calefacción   | 22,9                   | 109200,0 |
| Refrigeración | 37,2                   | 177232,2 |

|                        | Edificio Objeto        |          |
|------------------------|------------------------|----------|
| Consumos Energía Final | kWh/m <sup>2</sup> año | kWh/año  |
| Calefacción            | 26,5                   | 126060,4 |
| Refrigeración          | 13,2                   | 62801,1  |
| ACS                    | 1,7                    | 7913,5   |
| Iluminación            | 14,5                   | 68948,6  |
| Global                 | 55,8                   | 265723,5 |

|                                        | Edificio Objeto        |          |
|----------------------------------------|------------------------|----------|
| Consumos Energía Primaria No Renovable | kWh/m <sup>2</sup> año | kWh/año  |
| Calefacción                            | 2,3                    | 10715,1  |
| Refrigeración                          | 25,8                   | 122713,3 |
| ACS                                    | 0,1                    | 672,7    |
| Iluminación                            | 34,3                   | 163270,2 |
| Global                                 | 62,5                   | 297371,3 |

|               | Edificio Objeto                       |                        |
|---------------|---------------------------------------|------------------------|
| Emisiones     | kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año | kgCO <sub>2</sub> /año |
| Calefacción   | 0,5                                   | 2380,3                 |
| Refrigeración | 4,4                                   | 20946,3                |
| ACS           | 0,0                                   | 0,0                    |
| Iluminación   | 4,8                                   | 22850,5                |
| Global        | 9,7                                   | 46177,0                |

**Figura 4-44: Consumos de energía final, energía primaria no renovable y emisiones del edificio**

Se observa cómo se mantiene la tendencia de bajada del índice de calificación debido a la introducción del sistema de calefacción por agua caliente, más concretamente de la caldera, respecto a otro sistema más eficiente como el VRV. En este caso, el coeficiente de paso (tabla 4-7) que tiene la biomasa hace que las emisiones de CO<sub>2</sub> por calefacción bajen considerablemente respecto a la caldera de condensación. Este coeficiente es tan bajo porque se considera que el combustible empleado (pellets) durante su formación absorbe una cantidad de CO<sub>2</sub> que después produce en su combustión.

Tras el análisis de los resultados de los sistemas estudiados, existe una gran disparidad en cuanto a la calificación energética mientras que los datos de consumo y emisiones son muy parecidos entre sí. Por lo tanto, se puede



afirmar que en la calificación energética en edificios terciarios la comparación con el edificio de referencia desvirtúa los resultados. No es lógico que, para un mismo edificio, soluciones que disminuyen las emisiones globales de CO<sub>2</sub> del edificio puedan dar un resultado más desfavorable en la calificación, simplemente porque las mejoras sobre el edificio de referencia son mayores que las obtenidas en el propio edificio a certificar. Lo mismo ocurre en el caso inverso: Implementar soluciones que incrementan las emisiones del edificio objeto pueden dar una mejor calificación del edificio por el hecho de que la solución incrementa las emisiones del edificio de referencia en mayor medida que las del edificio objeto.

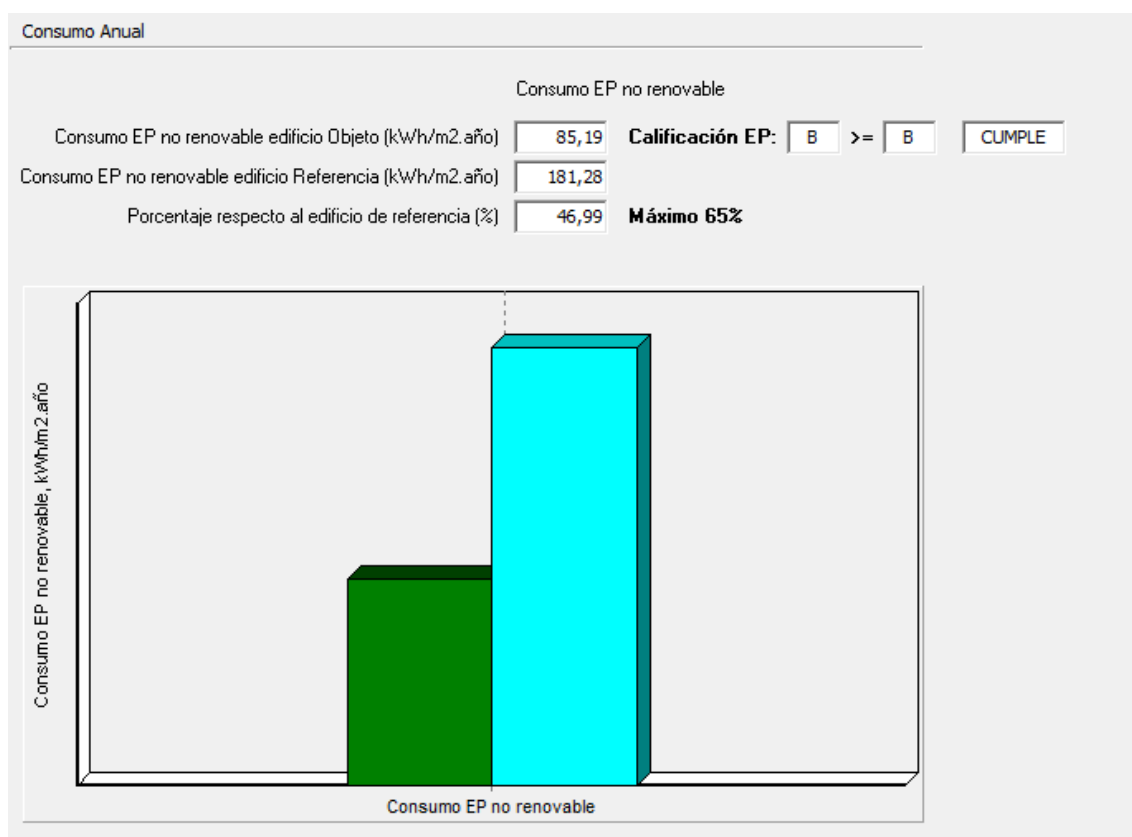
Obviando esta posible mejora futura de la reglamentación actual, se concluye que el más recomendable desde el punto de vista de la eficiencia energética utilizando la HU es el sistema VRV. Si, a su vez, este sistema es a 3 tubos en vez de bitubo, se produce un ahorro considerable del consumo de energía pero que lamentablemente no se ve reflejado en el índice de calificación energética ni en la emisión de CO<sub>2</sub> debido al alcance del programa utilizado.

#### **4.5. Verificación del límite de consumo energético**

Por último, para cumplir definitivamente con lo que exige el Documento Básico de Ahorro de Energía del CTE hay que asegurarse de que el edificio cumple con la exigencia HE0: Limitación del consumo energético.

Como ya se ha visto en el apartado 2.2.1, para edificios terciarios la calificación energética para el indicador consumo energético de energía primaria no renovable del edificio debe ser de una eficiencia igual o superior a la clase B según el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios aprobado mediante el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril.

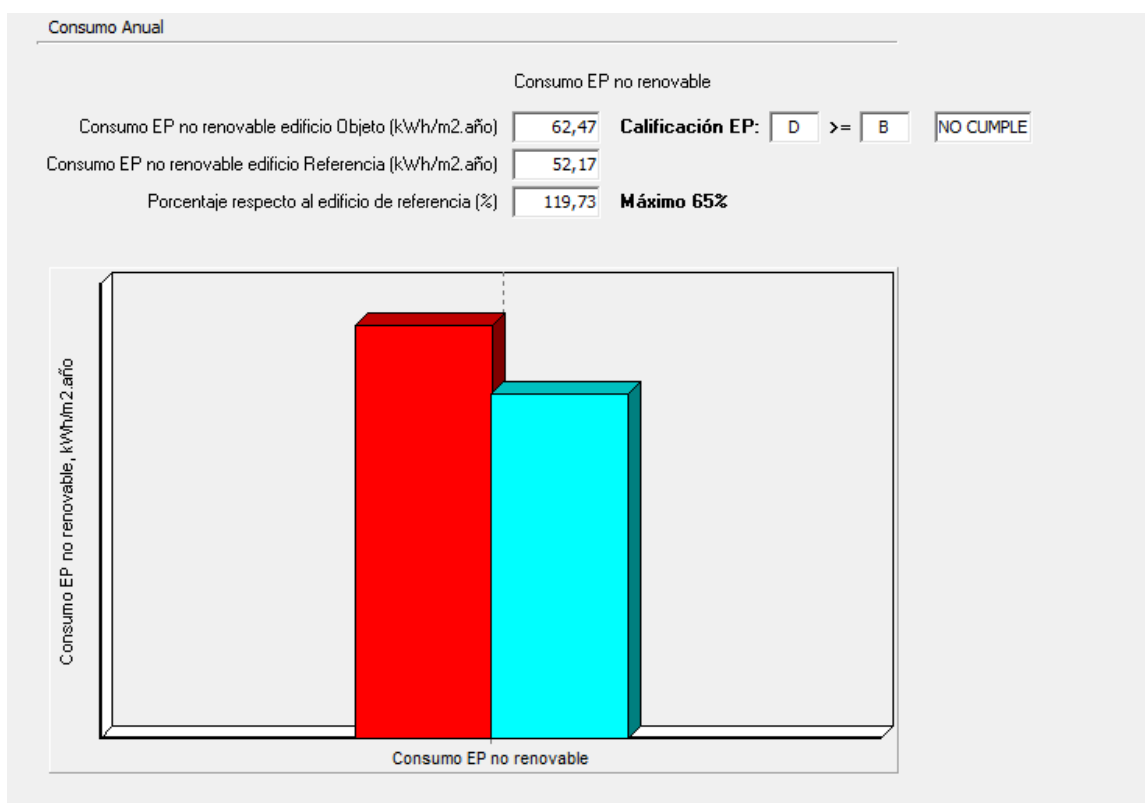
Particularizando para el caso del edificio estudiado, con el sistema VRV elegido, la calificación del consumo de energía primaria no renovable del edificio es la letra B, por lo que el edificio cumple con las especificaciones del HE0.



**Figura 4-45: Consumo energético primario de energía no renovable sistema VRV**

Se puede afirmar tras las mejoras propuestas en el apartado 4.2 y los sistemas evaluados en el apartado 4.3, que el edificio cumple con todas las exigencias del DB-HE del CTE.

No obstante, con el fin de comparar los resultados, se muestran también los datos referentes al consumo energético primario de energía no renovable para el sistema de la caldera de biomasa y VRV en modo refrigeración.



**Figura 4-46: Consumo energético primario de energía no renovable caldera biomasa + Sistema VRV sólo frío**

Si se comparan las figuras 4-45 y 4-46, efectivamente el cambio de sistema de climatización provoca que el consumo de energía primaria no renovable del edificio referencia varíe sustancialmente y se reduzca prácticamente un tercio. Esto conlleva que el índice de calificación energética empeore incluso aunque el sistema produzca un 36% menos de emisiones contaminantes.

Una vez que se cumple con todas las exigencias del CTE, la herramienta genera un informe de *verificación de requisitos del CTE-HE0 Y HE1* y el *Certificado de eficiencia energética del edificio*. Ambos documentos se recogen en el Anexo IV de la presente memoria.



## 5. CONCLUSIONES

### a) Respecto a los programas utilizados

- ✓ La HU no permite modificar las renovaciones de aire por hora de los espacios. Esta limitación hace que la instalación de recuperadores de calor no tenga ninguna trascendencia a la hora de calcular la demanda energética, por lo que no se puede actuar sobre las pérdidas por infiltración del edificio.
- ✓ El empleo de los perfiles de uso no permite modificar los valores relativos al calor disipado por los equipos o personas ni las temperaturas de consigna para calcular la demanda tanto en invierno (20° C) como en verano (25°C). De hecho, la temperatura de consigna de invierno se encuentra incluso fuera del valor de temperatura operativa mínima que marca el RITE para invierno (21°C). Esto produce un descenso de la demanda energética, puesto que a efectos del cálculo se necesita menos energía para acondicionar los espacios.
- ✓ El empleo de los perfiles de uso no permite modificar el horario de iluminación, equipos y ocupación del edificio.
- ✓ La exportación de la geometría a Calener GT produce incongruencias en el cálculo de la demanda energética del edificio, lo que imposibilita su uso.
- ✓ Calener VYP no permite la modelización de sistemas de enfriamiento aire-agua, que son comunes en grandes edificios terciarios.
- ✓ La calificación energética para edificios terciarios queda desvirtuada debido a la comparativa con el edificio de referencia. No es admisible que, para un mismo edificio, soluciones que disminuyen las emisiones globales de CO<sub>2</sub> del edificio puedan dar un resultado más desfavorable en la calificación, simplemente porque las mejoras sobre el edificio de referencia son mayores que las obtenidas en el edificio objeto. Lo mismo ocurre en el caso inverso: Soluciones que incrementan las emisiones del edificio objeto pueden dar una mejor calificación del edificio por el hecho

de que la solución incrementa las emisiones del edificio de referencia en mayor medida que las del edificio objeto.

#### **b) Análisis de los resultados de demanda**

- ✓ Las pérdidas por transmisión que se producen en los cerramientos opacos cuyo coeficiente de transmisión es similar al máximo exigido por la modificación del CTE de 2013 son pequeñas en comparación con las pérdidas o ganancias por iluminación o renovación del aire, con lo que las últimas modificaciones del DB-HE de 2013 producen una mejora en la envolvente térmica del edificio.
- ✓ Las pérdidas o ganancias que se producen a través de los vidrios por transmisión son mucho mayores que las que se producen a través de los cerramientos opacos, con lo que en el caso de que la superficie acristalada total sea grande es aconsejable que se instalen vidrios dobles o triples bajos emisivos cuya transmitancia térmica es menor.
- ✓ Las ganancias por insolación que se producen a través de los vidrios con orientación sur u oeste provocan un aumento notable de la demanda de refrigeración. La solución para que esto no ocurra pasa por la instalación de elementos en la fachada que bloqueen la radiación solar estacionalmente, es decir, sólo en verano ya que en invierno la ganancia térmica por insolación favorece la disminución de la demanda energética.
- ✓ La potencia de iluminación juega un papel importante a la hora del cálculo de la demanda de las fuentes internas y en las emisiones finales de CO<sub>2</sub>, por lo que es vital un correcto dimensionamiento de la misma y la instalación de nuevas formas de iluminación cuyo consumo es menor como las bombillas LED.
- ✓ Los puentes térmicos normalmente pueden ser causantes de una gran pérdida o ganancia de energía por su alto coeficiente de transmitancia, por lo que es muchas veces necesario actuar sobre ellos mejorando su aislamiento.

- ✓ Aunque la exigencia del HE1 del Documento Básico de Ahorro de Energía para edificios de nueva construcción es alta y difícil de cumplir, una vez que se introducen las mejores pertinentes para su cumplimiento, los espacios se encuentran aislados correctamente en materia de cargas térmicas por lo que la potencia y el consumo de los equipos a instalar es menor.
- ✓ En la actualidad surgen con fuerza parámetros de arquitectura bioclimática, como la instalación de cubiertas ajardinadas o fachadas ventiladas, que benefician el descenso de la demanda energética pero que son muy difíciles de cuantificar en un programa de cálculo.

**c) En relación con los sistemas de climatización empleados**

- ✓ Los sistemas VRV suponen un ahorro energético muy considerable en grandes edificios terciarios como el del ejemplo, ya que pueden modelar la cantidad de fluido refrigerante que circula por las tuberías a cada instante.
- ✓ En edificios cuyos espacios tengan orientaciones diferentes posibilitando la aparición de grandes diferencias en la carga térmica de los espacios a una hora determinada, es aconsejable instalar un sistema VRV a 3 tubos por si una o más unidades interiores demandan potencia de refrigeración mientras que otras trabajan en modo calefacción.
- ✓ El elevado COP que presentan los sistemas VRV (hasta 4,5) posibilita que el consumo primario de energía no renovable, así como las emisiones del edificio a certificar sean muy bajas en comparación con el edificio de referencia, lo que se traduce en la obtención de una alta calificación energética.
- ✓ Si de lo que se trata es de recuperar energía, las exigencias mínimas se deberían referir a la recuperación de calor total “sensible más latente”, es decir: recuperación de temperatura más humectación del aire exterior en invierno y disminución de temperatura junto con secado del aire exterior en verano.

- ✓ La calificación energética del edificio según el programa empleado no se ve alterada si se instala el sistema VRV a 3 tubos en vez de bitubo. Aunque ambos sistemas están contemplados en la herramienta, a efectos de la obtención del índice de eficiencia energética el resultado es el mismo debido al alcance del programa Calener VYP ya que es imposible cuantificar qué cantidad de energía se está recuperando puesto que no se sabe a ciencia cierta cuantos equipos actuarán simultáneamente en modo calefacción o refrigeración.
- ✓ La introducción de sistemas de calefacción por agua caliente y de VRV sólo frío produce un notable descenso del índice de calificación energética debido a que el consumo de energía primaria no renovable y de emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio de referencia disminuye.
- ✓ La utilización de una caldera de biomasa implica, a efectos del programa empleado, que la emisión de CO<sub>2</sub> por calefacción sea prácticamente nula, ya que se considera que el combustible empleado (pellets) durante su formación absorbe una cantidad de CO<sub>2</sub> que después produce en su combustión, lo que equilibra el balance.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

Agencia Andaluza de la Energía. (2014). *Estrategia Energética de Andalucía 2014-2020*. Obtenido de <http://www.prodetur.es>

AICIA. (2015). *Manual de usuario HULC*.

Aurea Consulting. (s.f.). *Resultados avanzados en LIDER y Calener VYP*. Obtenido de [www.ecoeficiente.es](http://www.ecoeficiente.es)

Carrier Air Conditioning Company. (1999). *Manual de aire acondicionado*. Marcombo.

EUR-LEX. *Acceso a las leyes de la UE*. (2015). Obtenido de <http://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

Foro Soloarquitectura-Ahorro de Energía. (s.f.). Obtenido de <http://www.soloarquitectura.com/foros/forums/ahorro-de-energia.22/>

Gutiérrez, M. Á. (2012). *El proyecto de las instalaciones de climatización. Cumplimiento de Normativa*.

IDAE. (2013). *Manual de Usuario Calener VYP*.

IDAE. (2014). *Estudios, Informe y Estadísticas: Balances Energéticos*. Obtenido de <http://www.idae.es>

IDAE. (2014). *Plan de Acción Nacional de Eficiencia Energética 2014-2020*. Obtenido de [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/NEEAP\\_2014\\_ES-es.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/NEEAP_2014_ES-es.pdf)

Ministerio de Fomento. (2013). *CTE. Documento Básico de Ahorro de Energía*. Obtenido de <http://www.codigotecnico.org>

Ministerio de Fomento. (2013). *Documento de Apoyo al Documento Básico Ahorro de energía*. Obtenido de <http://www.codigotecnico.org>

Ministerio de Fomento. (2014). *Nota informativa sobre la aplicación de herramientas informáticas*. Obtenido de <http://www.coar.es>

Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (2007). *Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE)*. Obtenido de <http://www.minetur.gob.es>

Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (2015). *Boletín Estadístico del Ministerio*. Obtenido de <http://www.minetur.gob.es>

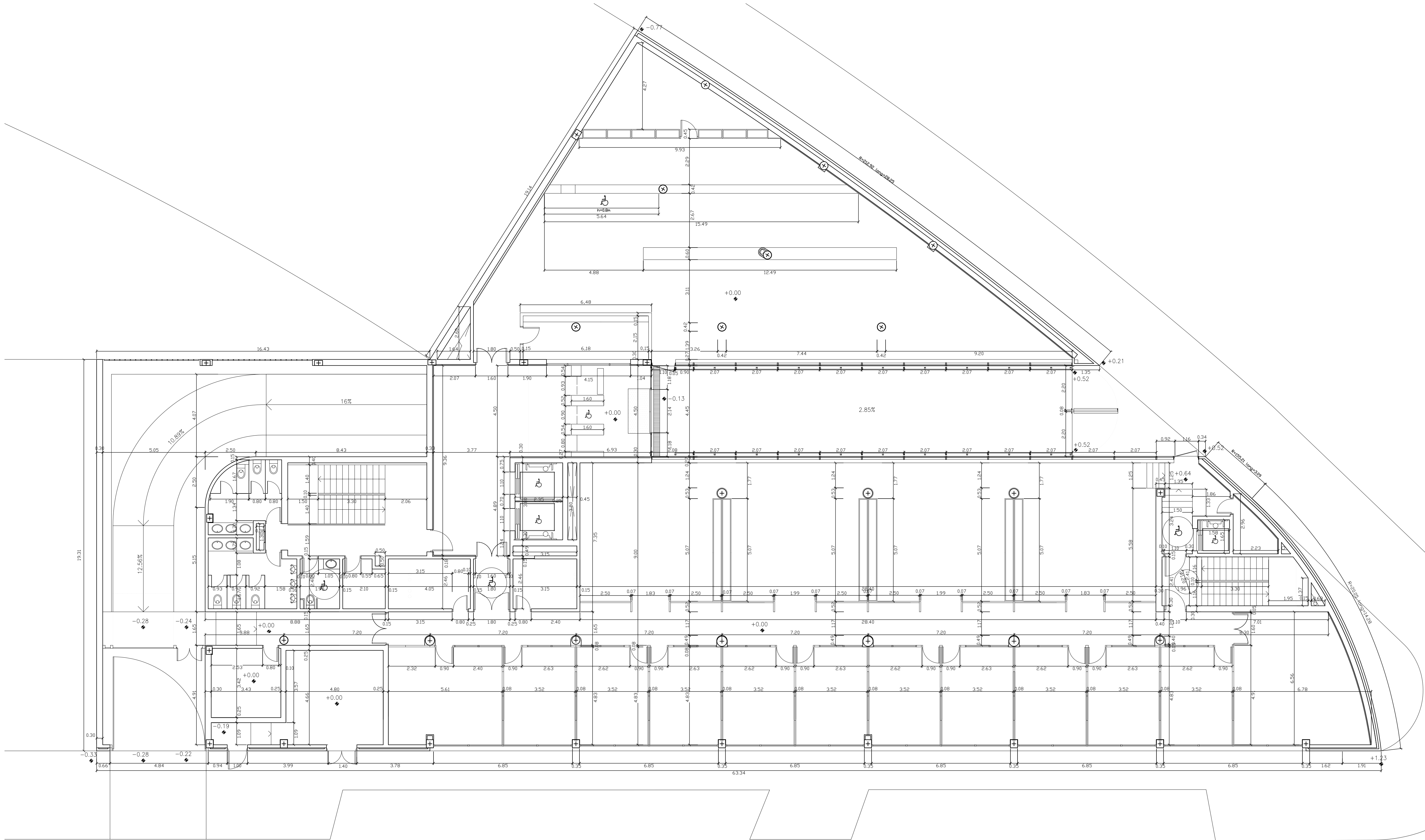
Pinazo Ojer, J. M. (1995). *Manual de climatización*. Universidad Politécnica de Valencia.

Villar Burke, R., & Jiménez González, D. (2014). *Visol: Visor de archivos de resultados de LIDER*. Obtenido de <http://www.rvburke.com/software.html>



# **ANEXO I: PLANOS**





| DESIGNACION | ANCHO ESCALERA | HUELLA/TABICA | ANCHO MINIMO MESETA |
|-------------|----------------|---------------|---------------------|
| ESCALERA 1  | 150cm          | 30cm/16cm     | 150cm               |
| ESCALERA 2  | 120cm          | 30cm/16cm     | 120cm               |

| DESIGNACION | DIMENSIONES |
|-------------|-------------|
| PASILLO     | 120cm       |
| PUERTAS     | 80cm        |

- Ø 1'20 en vestuarios del personal.
- Ø 1'50



CONSEJERIA DE ECONOMIA Y HACIENDA  
DIRECCION GENERAL DE PATRIMONIO

PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN MARZO 2004  
CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO ADMINISTRATIVO EN AVDA.  
DE MADRID S/N. PARCELA CI-AR-33. APA XVII DE JAÉN

EMPRESA CONSULTORA

ARQUITECTOS:



MIGUEL FORTUÑA CALDERÓN  
Arqu. C.O.A. Nº 2448

ANTONIO CONDE NUÑEZ  
Arqu. C.O.A. Nº 4953

FCO. JAVIER MUÑOZ GARCÍA  
Arqu. C.O.A. Nº 2938

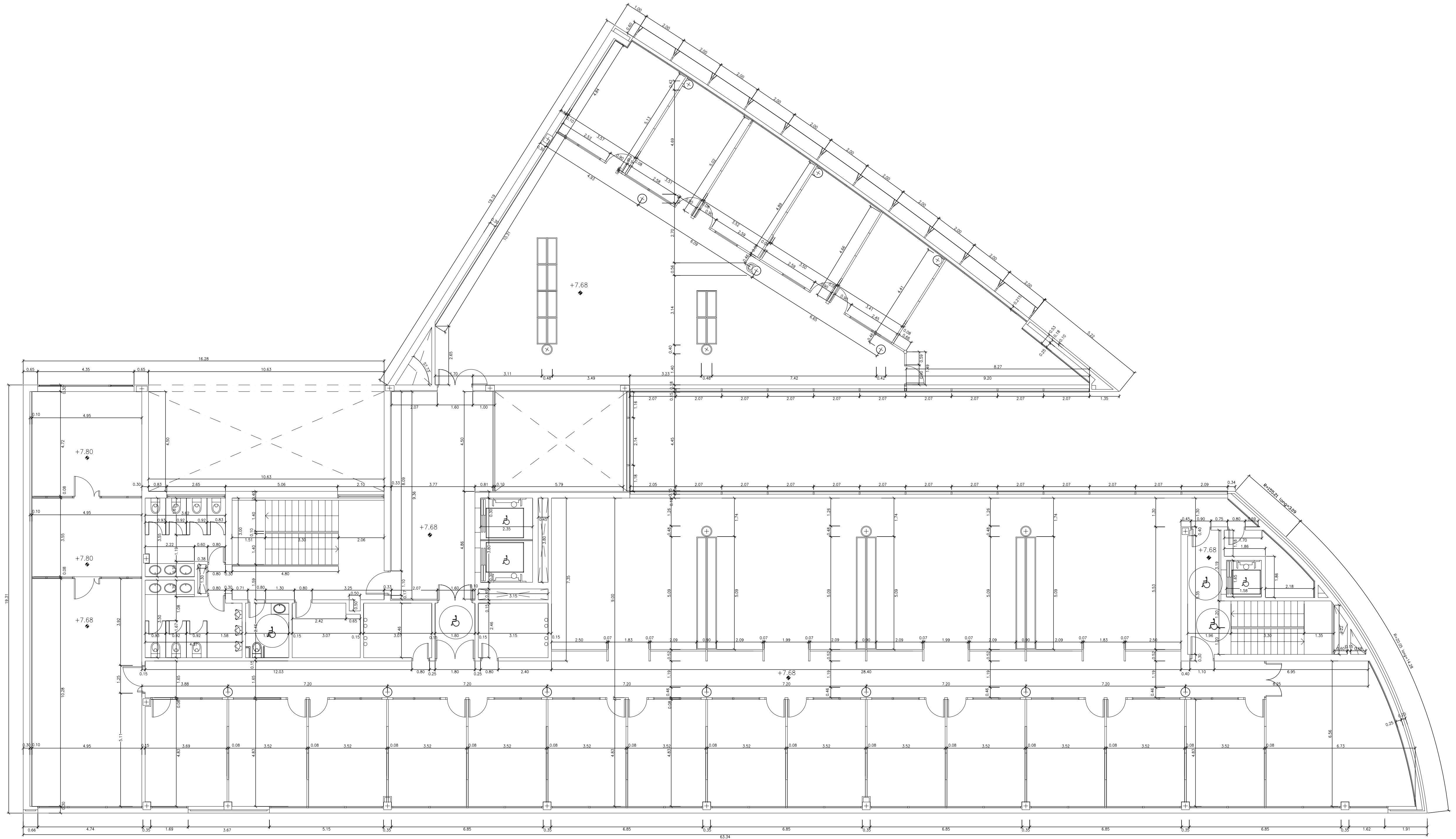
MANUEL OSUNA LLANERES  
Arqu. C.O.A. Nº 3001

ACOTADO y ACCESIBILIDAD  
PLANTA BAJA

ESCALA 1:100

PLANO Nº  
04.A  
HOJA 3 DE 7





| DESIGNACION | ANCHO ESCALERA | HUELLA/TABICA | ANCHO MINIMO MESETA |
|-------------|----------------|---------------|---------------------|
| ESCALERA 1  | 150cm          | 30cm/16cm     | 150cm               |
| ESCALERA 2  | 120cm          | 30cm/16cm     | 120cm               |

| DESIGNACION | DIMENSIONES |
|-------------|-------------|
| PASILLO     | 120cm       |
| PUERTAS     | 80cm        |

- Ø 1'20 en vestuarios de personal.
- Ø 1'50



CONSEJERIA DE ECONOMIA Y HACIENDA  
DIRECCION GENERAL DE PATRIMONIO

PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN MARZO 2004  
CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO ADMINISTRATIVO EN AVDA.  
DE MADRID S/N. PARCELA CI-AR-33. APA XVII DE JAÉN

EMPRESA CONSULTORA  
  
AYESA

ARQUITECTOS:  
  
MIGUEL PORTUÉS CALDERÓN  
Arqu. C.O.A.R. N.º 2448

  
ANTONIO CONDE NUÑEZ  
Arqu. C.O.A.R. N.º 4953

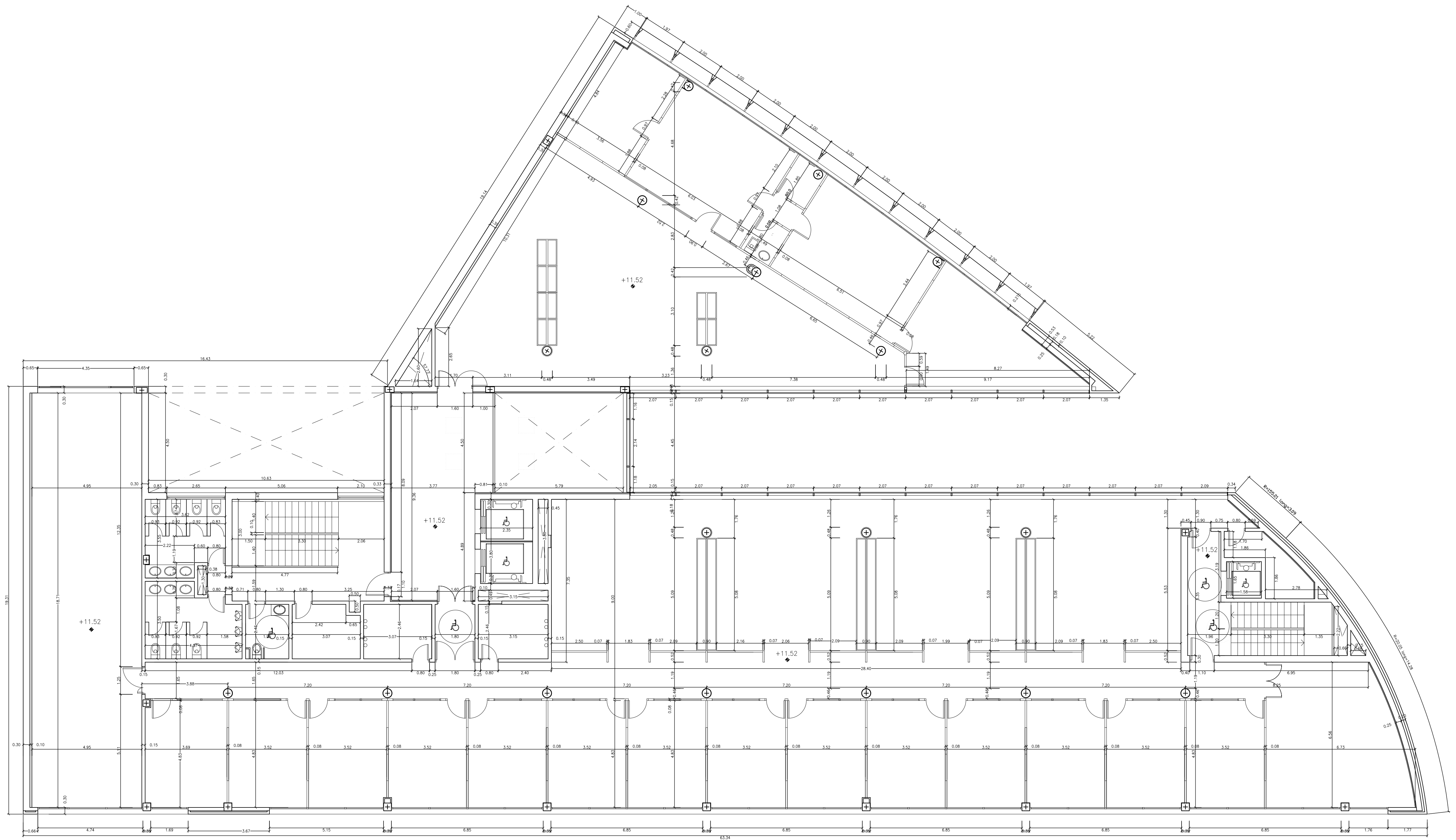
  
PTO. JAVIER NAVARRO GARCÍA  
Arqu. C.O.A.R. N.º 2838

  
MANUEL OSUNA LLUÑES  
Arqu. C.O.A.R. N.º 2001

ACOTADO y ACCESIBILIDAD  
PLANTA SEGUNDA  
ESCALA 1:100

PLANO N.º  
04.A  
HOJA 5 DE 7





| DESIGNACION | ANCHO ESCALERA | HUELLA/TABICA | ANCHO MINIMO MESETA |
|-------------|----------------|---------------|---------------------|
| ESCALERA 1  | 150cm          | 30cm/16cm     | 150cm               |
| ESCALERA 2  | 120cm          | 30cm/16cm     | 120cm               |

| DESIGNACION | DIMENSIONES |
|-------------|-------------|
| PASILLO     | 120cm       |
| PUERTAS     | 80cm        |

- Ø 1'20 en vestuarios del personal.
- Ø 1'50



CONSEJERIA DE ECONOMIA Y HACIENDA  
DIRECCION GENERAL DE PATRIMONIO

PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN

MARZO 2004

CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO ADMINISTRATIVO EN AVDA.  
DE MADRID S/N. PARCELA CI-AR-33. APA XVII DE JAÉN

EMPRESA CONSULTORA

ARQUITECTOS



AYESA

MIQUEL FORTUÑA CALDERÓN  
Arqu. C.O.A.R. N.º 2448

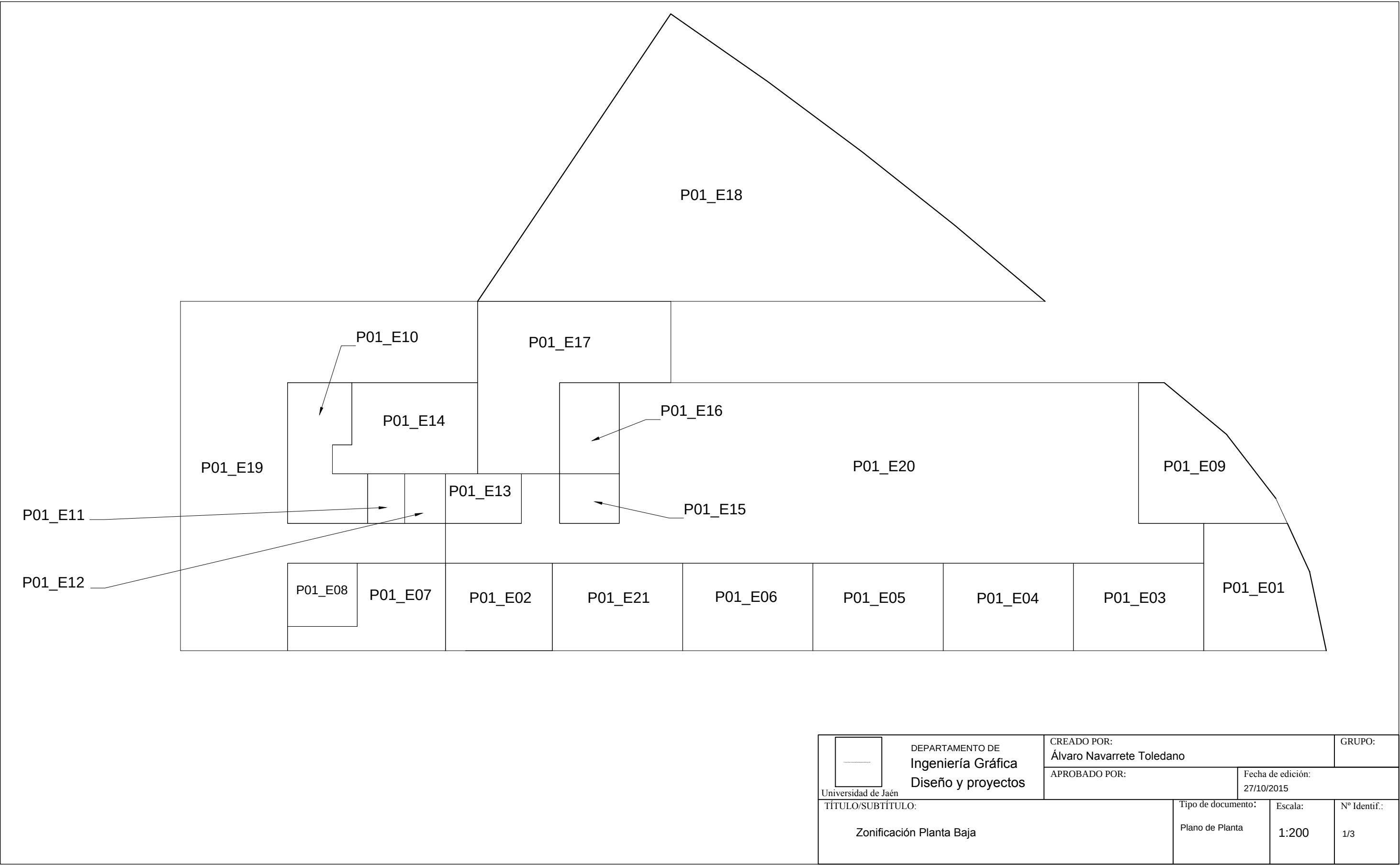
ANTONIO CONDE NUÑEZ  
Arqu. C.O.A.R. N.º 4953

FCO. JAVIER MUÑOZ GARCÍA  
Arqu. C.O.A.R. N.º 2938

MANUEL OSUNA LLANES  
Arqu. C.O.A.R. N.º 2001

ACOTADO y ACCESIBILIDAD  
PLANTA TERCERA  
ESCALA 1:100

PLANO N.º  
04.A  
HOJA 6 DE 7



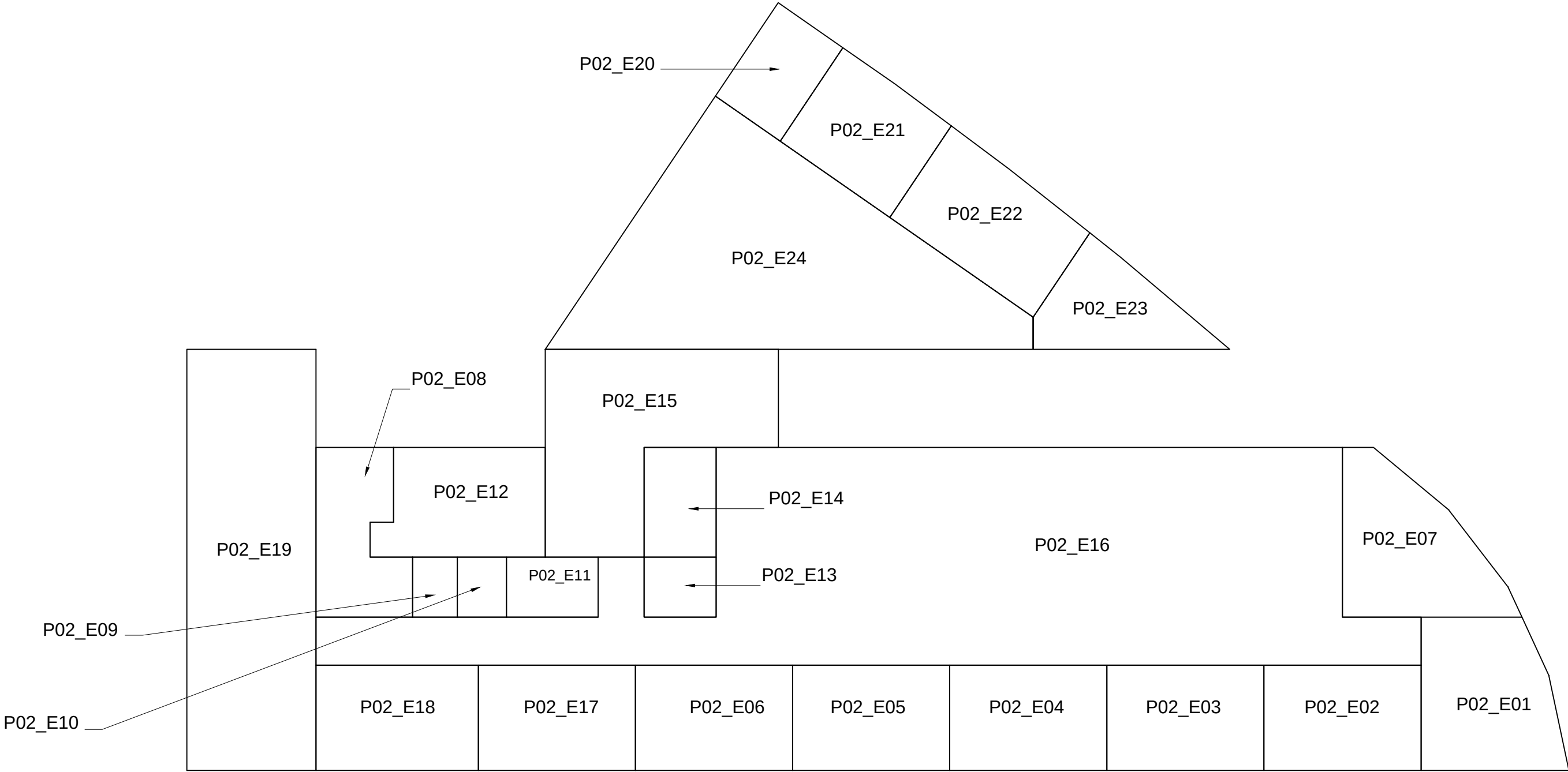
|                                                      |                                                             |                                           |  |                                 |                         |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--|---------------------------------|-------------------------|
| <div><div></div><div>Universidad de Jaén</div></div> | DEPARTAMENTO DE<br>Ingeniería Gráfica<br>Diseño y proyectos | CREADO POR:<br>Álvaro Navarrete Toledano  |  | GRUPO:                          |                         |
|                                                      |                                                             | APROBADO POR:                             |  | Fecha de edición:<br>27/10/2015 |                         |
| TÍTULO/SUBTÍTULO:<br><br>Zonificación Planta Baja    |                                                             | Tipo de documento:<br><br>Plano de Planta |  | Escala:<br><br>1:200            | Nº Identif.:<br><br>1/3 |



PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



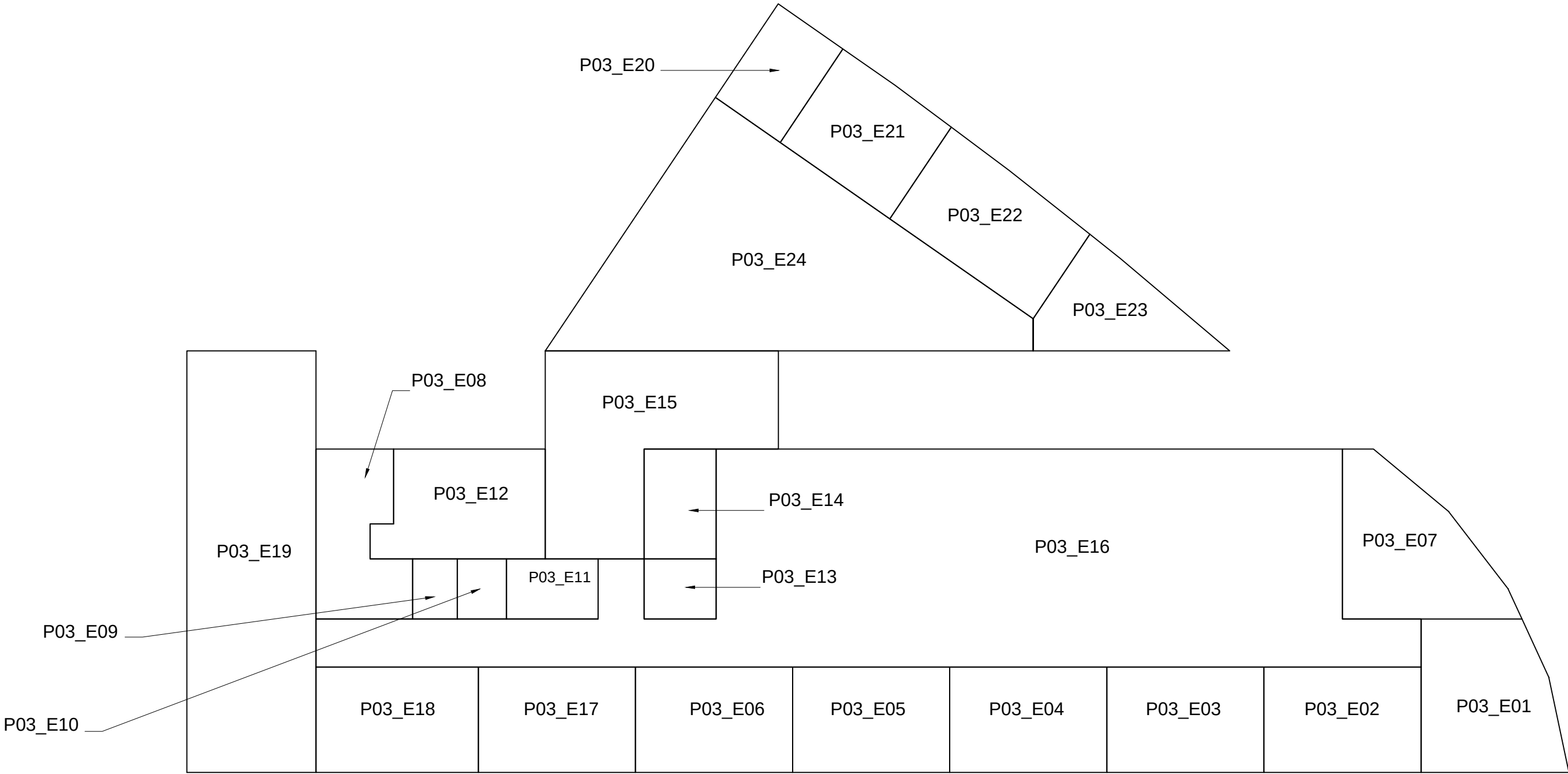
|                                                                 |                                                             |                                          |  |                                           |                      |                         |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--|-------------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| <div><div></div><div>Universidad de Jaén</div></div>            | DEPARTAMENTO DE<br>Ingeniería Gráfica<br>Diseño y proyectos | CREADO POR:<br>Álvaro Navarrete Toledano |  |                                           | GRUPO:               |                         |
|                                                                 |                                                             | APROBADO POR:                            |  | Fecha de edición:<br>27/10/2015           |                      |                         |
| TÍTULO/SUBTÍTULO:<br><br>Zonificación Primera y Segunda Plantas |                                                             |                                          |  | Tipo de documento:<br><br>Plano de Planta | Escala:<br><br>1:200 | Nº Identif.:<br><br>2/3 |

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



|                                                      |                                                             |                                          |                                           |                                 |                         |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| <div><div></div><div>Universidad de Jaén</div></div> | DEPARTAMENTO DE<br>Ingeniería Gráfica<br>Diseño y proyectos | CREADO POR:<br>Álvaro Navarrete Toledano |                                           |                                 | GRUPO:                  |
|                                                      |                                                             | APROBADO POR:                            |                                           | Fecha de edición:<br>27/10/2015 |                         |
| TÍTULO/SUBTÍTULO:<br><br>Zonificación Tercera Planta |                                                             |                                          | Tipo de documento:<br><br>Plano de Planta | Escala:<br><br>1:200            | Nº Identif.:<br><br>3/3 |

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

# **ANEXO II: TABLA RESUMEN**



|             | Espacio | Nombre espacio      | Tipo espacio | Superficie (m <sup>2</sup> ) | Caudal ventilación (m <sup>3</sup> /s) | Demanda calefacción (kWh/m <sup>2</sup> ) | Demanda refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> ) | Carga puntual max calefacción (W/m <sup>2</sup> ) | Carga puntual max refrigeración (W/m <sup>2</sup> ) | Carga puntual max calefacción (W) | Carga puntual max refrigeración (W) | Unidad Interior |
|-------------|---------|---------------------|--------------|------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------|
| Planta Baja | P01_E01 | Sala Sindical       | Acond.       | 41,53                        | 116,95                                 | -41,55                                    | 30,73                                       | -109,32                                           | 82,11                                               | -4540,06                          | 3410,03                             | 40A             |
|             | P01_E02 | Escáner             | Acond.       | 28,53                        | 80,34                                  | -41,23                                    | 38,30                                       | -114,55                                           | 100,54                                              | -3268,11                          | 2868,41                             | 40A             |
|             | P01_E03 | Despacho 1.1        | Acond.       | 34,77                        | 97,91                                  | -28,58                                    | 38,64                                       | -99,78                                            | 98,92                                               | -3469,35                          | 3439,45                             | 40A             |
|             | P01_E04 | Despacho 1.2        | Acond.       | 34,77                        | 97,91                                  | -27,57                                    | 38,64                                       | -98,34                                            | 98,34                                               | -3419,28                          | 3419,28                             | 40A             |
|             | P01_E05 | Despacho 1.3        | Acond.       | 34,77                        | 97,91                                  | -27,57                                    | 38,35                                       | -98,06                                            | 97,48                                               | -3409,55                          | 3389,38                             | 40A             |
|             | P01_E06 | Despacho 1.4        | Acond.       | 34,77                        | 97,91                                  | -27,91                                    | 38,37                                       | -98,63                                            | 97,48                                               | -3429,37                          | 3389,38                             | 40A             |
|             | P01_E07 | Centro Transfor.    | No acond.    | 28,72                        | 80,88                                  | -                                         | -                                           | -                                                 | -                                                   | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|             | P01_E08 | Cuadro General      | No acond.    | 13,45                        | 37,88                                  | -                                         | -                                           | -                                                 | -                                                   | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|             | P01_E09 | Almacén             | No acond.    | 41,95                        | 118,13                                 | -                                         | -                                           | -                                                 | -                                                   | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|             | P01_E10 | Aseo                | Acond.       | 28,36                        | 79,86                                  | -40,30                                    | 20,81                                       | -87,09                                            | 49,71                                               | -2469,87                          | 1409,78                             | 25A             |
|             | P01_E11 | Aseo Minusválidos   | No Acond.    | 5,64                         | 15,88                                  | -                                         | -                                           | -                                                 | -                                                   | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|             | P01_E12 | Limpieza            | No Acond.    | 6,19                         | 17,43                                  | -                                         | -                                           | -                                                 | -                                                   | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|             | P01_E13 | Sala Teleco.        | No Acond.    | 11,55                        | 32,52                                  | -                                         | -                                           | -                                                 | -                                                   | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|             | P01_E14 | Vestíbulo Servicios | Acond.       | 36,68                        | 103,29                                 | -11,78                                    | 19,19                                       | -55,34                                            | 41,98                                               | -2029,87                          | 1539,83                             | 25A             |
|             | P01_E15 | Instalaciones       | No acond.    | 9,08                         | 25,57                                  | -                                         | -                                           | -                                                 | -                                                   | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|             | P01_E16 | Ascensor            | No acond.    | 16,6                         | 46,75                                  | -                                         | -                                           | -                                                 | -                                                   | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|             | P01_E17 | Acceso              | Acond.       | 70,85                        | 199,51                                 | -4,55                                     | 24,76                                       | -49,4                                             | 79,33                                               | -3499,99                          | 5620,53                             | 63A             |
|             | P01_E18 | Información         | Acond.       | 255,68                       | 719,99                                 | -14,64                                    | 41,24                                       | -84,17                                            | 113,74                                              | -<br>21520,59                     | 29081,04                            | 3*63A+2*40A     |
|             | P01_E19 | Garaje              | No hab.      | 180,82                       | 0,00                                   | -                                         | -                                           | -                                                 | -                                                   | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|             | P01_E20 | Oficina             | Acond.       | 321,29                       | 904,75                                 | -5,73                                     | 31,13                                       | -58,02                                            | 87,99                                               | -<br>18641,25                     | 28270,31                            | 3*63A+2*40A     |
|             | P01_E21 | Despacho 1.5        | Acond.       | 34,77                        | 97,91                                  | -32,17                                    | 39,51                                       | -102,66                                           | 98,34                                               | -3569,49                          | 3419,28                             | 40A             |
| Total       |         |                     |              | 956,77                       | 3069,30                                |                                           |                                             |                                                   |                                                     | -73266,77                         | 89256,69                            |                 |

|                                    | Espacio | Nombre espacio      | Tipo espacio | Superficie (m²) | Caudal ventilación (m³/s) | Demanda calefacción (kWh/m²) | Demanda refrigeración (kWh/m²) | Carga puntual max calefacción (W/m²) | Carga puntual max refrigeración (W/m²) | Carga puntual max calefacción (W) | Carga puntual max refrigeración (W) | Unidad Interior |
|------------------------------------|---------|---------------------|--------------|-----------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------|
| Primera<br>Y<br>Segunda<br>Plantas | P02_E01 | Despacho 2.1        | Acond.       | 41,53           | 116,95                    | -33,08                       | 24,77                          | -99,69                               | 84,76                                  | -4140,13                          | 3520,08                             | 40A             |
|                                    | P02_E02 | Despacho 2.2        | Acond.       | 34,77           | 97,91                     | -22,38                       | 28,12                          | -93,27                               | 104,67                                 | -3243,00                          | 3639,38                             | 40A             |
|                                    | P02_E03 | Despacho 2.3        | Acond.       | 34,77           | 97,91                     | -21,56                       | 45,55                          | -92,02                               | 105,53                                 | -3199,54                          | 3669,28                             | 40A             |
|                                    | P02_E04 | Despacho 2.4        | Acond.       | 34,77           | 97,91                     | -21,49                       | 46,14                          | -92,02                               | 105,53                                 | -3199,54                          | 3669,28                             | 40A             |
|                                    | P02_E05 | Despacho 2.5        | Acond.       | 34,77           | 97,91                     | -21,53                       | 46,18                          | -92,02                               | 105,53                                 | -3199,54                          | 3669,28                             | 40A             |
|                                    | P02_E06 | Despacho 2.6        | Acond.       | 34,77           | 97,91                     | -21,93                       | 46,09                          | -92,59                               | 105,53                                 | -3219,35                          | 3669,28                             | 40A             |
|                                    | P02_E07 | Almacén             | No acond.    | 41,95           | 118,13                    | -                            | -                              | -                                    | -                                      | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|                                    | P02_E08 | Aseo                | Acond.       | 28,36           | 79,86                     | -4,93                        | 25,88                          | -46,19                               | 45,03                                  | -1309,95                          | 1277,05                             | 25A             |
|                                    | P02_E09 | Aseo Minusválidos   | No acond.    | 5,64            | 15,88                     | -                            | -                              | -                                    | -                                      | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|                                    | P02_E10 | Limpieza            | No acond.    | 6,19            | 17,43                     | -                            | -                              | -                                    | -                                      | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|                                    | P02_E11 | Sala Teleco.        | No acond.    | 11,55           | 32,52                     | -                            | -                              | -                                    | -                                      | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|                                    | P02_E12 | Vestíbulo Servicios | Acond.       | 36,68           | 103,29                    | -6,74                        | 25,02                          | -47,43                               | 45,80                                  | -1739,73                          | 1679,94                             | 25A             |
|                                    | P02_E13 | Instalaciones       | No acond.    | 9,08            | 25,57                     | -                            | -                              | -                                    | -                                      | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|                                    | P02_E14 | Ascensor            | No acond.    | 16,60           | 46,75                     | -                            | -                              | -                                    | -                                      | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|                                    | P02_E15 | Vestíbulo           | Acond.       | 70,85           | 199,51                    | -5,19                        | 32,63                          | -53,92                               | 90,48                                  | -3820,23                          | 6410,51                             | 63A             |
|                                    | P02_E16 | Oficina 2.1         | Acond.       | 340,50          | 958,85                    | -4,12                        | 38,84                          | -54,04                               | 92,98                                  | -18400,62                         | 29873,54                            | 3*63A+2*40A     |
|                                    | P02_E17 | Despacho 2.7        | Acond.       | 34,77           | 97,91                     | -28,54                       | 45,57                          | -99,21                               | 105,82                                 | -3449,53                          | 3679,36                             | 40A             |
|                                    | P02_E18 | Despacho 2.8        | Acond.       | 34,77           | 97,91                     | -23,55                       | 33,03                          | -85,15                               | 82,65                                  | -2960,67                          | 2873,74                             | 40A             |
|                                    | P02_E19 | Oficina 2.2         | Acond.       | 114,32          | 321,93                    | -23,59                       | 22,43                          | -78,03                               | 61,85                                  | -8920,39                          | 7070,69                             | 63A             |
|                                    | P02_E20 | Despacho 2.9        | Acond.       | 18,68           | 52,60                     | -18,85                       | 68,92                          | -124,76                              | 142,97                                 | -2330,52                          | 2670,68                             | 25A             |
|                                    | P02_E21 | Secretaría          | Acond.       | 31,39           | 88,39                     | -8,21                        | 106,95                         | -98,11                               | 179,03                                 | -3079,67                          | 5619,75                             | 63A             |
|                                    | P02_E22 | Despacho 2.10       | Acond.       | 38,85           | 109,40                    | -8,52                        | 112,48                         | 0                                    | 187,27                                 | 0,00                              | 7275,44                             | 63A + 25A       |
|                                    | P02_E23 | Sala Juntas         | Acond.       | 25,93           | 73,02                     | -42,55                       | 103,80                         | -191,87                              | 296,03                                 | -4975,19                          | 7676,06                             | 63A + 25A       |
|                                    | P02_E24 | Oficina 2.3         | Acond.       | 140,40          | 395,37                    | -9,05                        | 30,53                          | -68,44                               | 99,92                                  | -9608,98                          | 14028,77                            | 2*63A           |
| Total                              |         |                     |              | 941,87          | 3440,84                   |                              |                                |                                      |                                        | -80796,56                         | 111972,11                           |                 |

|                | Espacio | Nombre espacio      | Tipo espacio | Superficie (m²) | Caudal ventilación (m³/s) | Demanda calefacción (kWh/m²) | Demanda refrigeración (kWh/m²) | Carga puntual max calefacción (W/m²) | Carga puntual max refrigeración (W/m²) | Carga puntual max calefacción (W) | Carga puntual max refrigeración (W) | Unidad Interior |
|----------------|---------|---------------------|--------------|-----------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------|
| Tercera Planta | P03_E01 | Despacho 3.1        | Acond.       | 41,53           | 115,29                    | -59,83                       | 25,85                          | -142,55                              | 73,92                                  | -5920,10                          | 3069,90                             | 63A             |
|                | P03_E02 | Despacho 3.2        | Acond.       | 34,77           | 96,52                     | -46,67                       | 30,25                          | -134,46                              | 108,12                                 | -4675,17                          | 3759,33                             | 40A             |
|                | P03_E03 | Despacho 3.3        | Acond.       | 34,77           | 96,52                     | -44,59                       | 30,53                          | -136,88                              | 109,85                                 | -4759,32                          | 3819,48                             | 40A             |
|                | P03_E04 | Despacho 3.4        | Acond.       | 34,77           | 96,52                     | -44,50                       | 30,58                          | -136,88                              | 110,13                                 | -4759,32                          | 3829,22                             | 40A             |
|                | P03_E05 | Despacho 3.5        | Acond.       | 34,77           | 96,52                     | -44,52                       | 30,57                          | -136,88                              | 110,13                                 | -4759,32                          | 3829,22                             | 40A             |
|                | P03_E06 | Despacho 3.6        | Acond.       | 34,77           | 96,52                     | -44,80                       | 30,49                          | -137,45                              | 109,85                                 | -4779,14                          | 3819,48                             | 40A             |
|                | P03_E07 | Almacén             | No acond.    | 41,95           | 116,45                    | -                            | -                              | -                                    | -                                      | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|                | P03_E08 | Aseo                | Acond.       | 28,36           | 78,73                     | -39,48                       | 23,16                          | -104,71                              | 56,76                                  | -2969,58                          | 1609,71                             | 25A             |
|                | P03_E09 | Aseo Minusválidos   | No acond.    | 5,64            | 15,66                     | -                            | -                              | -                                    | -                                      | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|                | P03_E10 | Limpieza            | No acond.    | 6,19            | 17,18                     | -                            | -                              | -                                    | -                                      | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|                | P03_E11 | Sala Teleco.        | No acond.    | 11,55           | 32,06                     | -                            | -                              | -                                    | -                                      | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|                | P03_E12 | Vestíbulo Servicios | Acond.       | 36,68           | 101,82                    | -41,96                       | 22,67                          | -104,4                               | 57,24                                  | -3829,39                          | 2099,56                             | 40A             |
|                | P03_E13 | Instalaciones       | No acond.    | 9,08            | 25,21                     | -                            | -                              | -                                    | -                                      | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|                | P03_E14 | Ascensor            | No acond.    | 16,6            | 46,08                     | -                            | -                              | -                                    | -                                      | 0,00                              | 0,00                                | -               |
|                | P03_E15 | Vestíbulo           | Acond.       | 70,85           | 196,68                    | -29,07                       | 28,15                          | -108,69                              | 68,04                                  | -7700,69                          | 4820,63                             | 63A             |
|                | P03_E16 | Oficina 3.1         | Acond.       | 340,5           | 945,23                    | -21,59                       | 32,37                          | -102,26                              | 72,75                                  | -34819,53                         | 24771,38                            | 3*63A+2*40A     |
|                | P03_E17 | Despacho 3.7        | Acond.       | 34,77           | 96,52                     | -49,81                       | 30,05                          | -144,35                              | 109,27                                 | -5019,05                          | 3799,32                             | 63A             |
|                | P03_E18 | Despacho 3.8        | Acond.       | 34,77           | 96,52                     | -46,49                       | 26,42                          | -129,12                              | 72,63                                  | -4489,50                          | 2525,35                             | 40A             |
|                | P03_E19 | Oficina 3.2         | Acond.       | 114,32          | 317,35                    | -46,49                       | 22,03                          | -116,43                              | 60,01                                  | -13310,28                         | 6860,34                             | 40A + 63A       |
|                | P03_E20 | Despacho 3.9        | Acond.       | 18,68           | 51,86                     | -38,82                       | 53,15                          | -161,17                              | 126,37                                 | -3010,66                          | 2360,59                             | 25A             |
|                | P03_E21 | Secretaría          | Acond.       | 31,39           | 87,14                     | -24,62                       | 76,99                          | -141,44                              | 157,37                                 | -4439,80                          | 4939,84                             | 63A             |
|                | P03_E22 | Despacho 3.10       | Acond.       | 38,85           | 107,85                    | -24,97                       | 82,57                          | -146,08                              | 166,03                                 | -5675,21                          | 6450,27                             | 63A             |
|                | P03_E23 | Sala Juntas         | Acond.       | 25,93           | 71,98                     | -61,96                       | 119,52                         | -233,99                              | 383,73                                 | -6067,36                          | 9950,12                             | 40A + 63A       |
|                | P03_E24 | Oficina 3.3         | Acond.       | 140,4           | 389,75                    | -25,48                       | 31,94                          | -111,1                               | 104,34                                 | -15598,44                         | 14649,34                            | 2*63A           |
|                | Total   |                     |              | 1136,52         | 3391,97                   |                              |                                |                                      |                                        | -136581,8                         | 106963,09                           |                 |





# **ANEXO III: CATÁLOGOS FABRICANTES**



# Descripción general de la unidad exterior VRV IV

## VRV IV



## Sistema VRV IV de recuperación de calor

- Estándares del sistema VRV IV: temperatura de refrigerante variable, calefacción continua, configurador VRV y pantalla de 7 segmentos
- Tecnologías VRV IV
- Abarca todas las necesidades térmicas de un edificio: agua caliente (hidrokit de alta y baja temperatura), ACS, ventilación, unidad de tratamiento de aire, cortinas de aire Biddle y control
- Calefacción y agua caliente gratis gracias a la recuperación de calor de zonas que requieren refrigeración
- El confort personal perfecto para huéspedes/inquilinos mediante la calefacción y refrigeración simultáneas
- Gama exclusiva de cajas BS individuales y múltiples

## VRV IV



## VRV IV de bomba de calor

- Estándares del sistema VRV IV: temperatura de refrigerante variable, calefacción continua, configurador VRV y pantalla de 7 segmentos
- Tecnologías VRV IV
- Abarca todas las necesidades térmicas de un edificio: agua caliente (hidrokit de baja temperatura), ventilación, unidad de tratamiento de aire, cortinas de aire Biddle y control
- Se puede conectar a unidades interiores de la gama doméstica (Daikin Emura, Nexura)

## VRV IV Q-series



## Replacement VRV IV



- Estándares del sistema VRV IV: temperatura de refrigerante variable, configurador VRV y pantalla de 7 segmentos
- Tecnologías VRV IV
- Se puede conectar a unidades de tratamiento de aire y ventilación, cortinas de aire Biddle y control
- Mejora rentable para los sistemas que funcionan con R-22, que ya no recibirán servicio ni mantenimiento a partir del 1 de enero de 2015
- Sustitución rápida
- Hasta un 81% más eficiente que el sistema R-22

## VRV IV W-series



## Sistema VRV IV condensado por agua

- Estándares del sistema VRV IV: temperatura de refrigerante variable, configurador VRV y pantalla de 7 segmentos
- Abarca todas las necesidades térmicas de un edificio: agua caliente (hidrokit de baja temperatura), ventilación, unidad de tratamiento de aire, cortinas de aire Biddle y control
- La gama unificada para serie estándar y geotérmica simplifica la selección
- Control de caudal variable del agua a partir de la demanda real

| REYQ-T                                           |                                    |                         |           | 8                                                                 | 10              |        |         | 12     | 13      | 14      | 16     |         |         | 18      |         | 20 |  |
|--------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|----|--|
| Sistema                                          | Módulo de la unidad exterior 1     |                         |           | REYQ8T                                                            | REYQ10T         | REMQ5T | REYQ12T | REYQ8T | REYQ14T | REYQ16T | REYQ8T | REYQ18T | REYQ8T  | REYQ20T | REYQ8T  |    |  |
|                                                  | Módulo de la unidad exterior 2     |                         |           |                                                                   |                 | REMQ5T |         | REMQ5T |         |         | REYQ8T |         | REYQ10T |         | REYQ12T |    |  |
| Límites de capacidad                             |                                    |                         |           | CV                                                                | 8               | 10     | 10      | 12     | 13      | 14      | 16     | 16      | 18      | 20      | 20      |    |  |
| Calefacción continua                             |                                    |                         |           |                                                                   |                 | v      |         | v      |         |         | v      |         | v       |         | v       |    |  |
| Capacidad de refrigeración                       | Nom.                               |                         | kW        | 22,4                                                              | 28,0            | 28,0   | 33,5    | 36,4   | 40,0    | 45,0    | 44,8   | 50,0    | 50,4    | 56,0    | 55,9    |    |  |
| Capacidad de calefacción                         | Nom.                               |                         | kW        | 22,4                                                              | 28,0            | 28,0   | 33,5    | 36,4   | 40,0    | 45,0    | 44,8   | 50,0    | 50,4    | 56,0    | 55,9    |    |  |
| Capacidad de calefacción                         | Máx.                               |                         | kW        | 25,0                                                              | 31,5            | 32,0   | 37,5    | 41,0   | 45,0    | 50,0    | 50,0   | 56,0    | 56,5    | 63,0    | 62,5    |    |  |
| Consumo: 50 Hz                                   | Refrigeración                      | Nom.                    | kW        | -                                                                 | -               |        | -       |        | -       | -       |        | -       |         | -       | -       |    |  |
|                                                  | Calefacción                        | Nom.                    | kW        | -                                                                 | -               |        | -       |        | -       | -       |        | -       |         | -       | -       |    |  |
| EER                                              |                                    |                         |           |                                                                   | -               | -      |         | -      | -       | -       |        | -       |         | -       | -       |    |  |
| ESEER                                            |                                    |                         |           |                                                                   | -               | -      |         | -      | -       | -       |        | -       |         | -       | -       |    |  |
| COP                                              |                                    |                         |           |                                                                   | -               | -      |         | -      | -       | -       |        | -       |         | -       | -       |    |  |
| Número máximo de unidades interiores conectables |                                    |                         |           | 64 (1)                                                            |                 |        |         |        |         |         |        |         |         |         |         |    |  |
| Índice de conexión interior                      | Mín.                               |                         |           | 100                                                               | 125             | 125    | 150     | 162,5  | 175     | 200     | 200    | 225     | 225     | 250     | 250     |    |  |
|                                                  | Nom.                               |                         |           | 200                                                               | 250             | 250    | 300     | 325    | 350     | 400     | 400    | 450     | 450     | 500     | 500     |    |  |
|                                                  | Máx.                               |                         |           | 260                                                               | 325             | 325    | 390     | 422,5  | 455     | 520     | 520    | 585     | 585     | 650     | 650     |    |  |
| Dimensiones                                      | Unidad                             | Al x An x Pr            | mm        | 1.685x930x765 - 1.685x930x765 - 1.685x1.240x765 - 1.685x1.240x765 |                 |        |         |        |         |         |        |         |         |         |         |    |  |
| Peso                                             | Unidad                             |                         | kg        | 198                                                               | 205             | -      | 205     | -      | 319     | 319     | -      | 329     | -       | 329     | -       |    |  |
| Ventilador                                       | Caudal de aire                     | Refrigeración           | Nom.      | m³/min                                                            | 162             | 175    | -       | 185    | -       | 223     | 260    | -       | 251     | -       | 261     | -  |  |
| Nivel de potencia sonora                         | Refrigeración                      | Nom.                    | dBa       | 78                                                                | 79              | 81     | 81      | 81     | 81      | 86      | 81     | 86      | 82      | 88      | 83      |    |  |
| Nivel de presión sonora                          | Refrigeración                      | Nom.                    | dBa       | 58                                                                | 58              | 61     | 61      | 61     | 61      | 64      | 61     | 65      | 61      | 66      | 63      |    |  |
| Límites de funcionamiento                        | Refrigeración                      | Min.~máx.               | °CBS      | -20(2) / -5~43                                                    |                 |        |         |        |         |         |        |         |         |         |         |    |  |
|                                                  | Calefacción                        | Min.~máx.               | °CBH      | -20~15,5                                                          |                 |        |         |        |         |         |        |         |         |         |         |    |  |
|                                                  | Producción de agua                 | Refrigeración espacial  | Min.~máx. | °CBS                                                              | 8~43            |        |         |        |         |         |        |         |         |         |         |    |  |
|                                                  |                                    | Calefacción espacial    | Min.~máx. | °CBH                                                              | -20~20 / 24 (2) |        |         |        |         |         |        |         |         |         |         |    |  |
|                                                  |                                    | Agua caliente sanitaria | Min.~máx. | °CBH                                                              | -20~43          |        |         |        |         |         |        |         |         |         |         |    |  |
| Refrigerante                                     | Tipo                               |                         |           | R-410A                                                            |                 |        |         |        |         |         |        |         |         |         |         |    |  |
| Conexiones de tubería                            | Líquido                            | D.E.                    | mm        | 9,5                                                               | 9,5             | 9,5    | 12,7    | 12,7   | 12,7    | 12,7    | 12,7   | 15,9    | 15,9    | 15,9    | 15,9    |    |  |
|                                                  | Gas                                | D.E.                    | mm        | 19,1                                                              | 22,2            | 22,2   | 28,6    | 28,6   | 28,6    | 28,6    | 28,6   | 28,6    | 28,6    | 28,6    | 28,6    |    |  |
|                                                  | Gas de descarga                    | D.E.                    | mm        | 15,9                                                              | 19,1            | 19,1   | 19,1    | 19,1   | 22,2    | 22,2    | 22,2   | 22,2    | 22,2    | 28,6    | 28,6    |    |  |
|                                                  | Longitud total de tubería          | sistema                 | m         | 1000                                                              |                 |        |         |        |         |         |        |         |         |         |         |    |  |
| Alimentación eléctrica                           | Fase/Frecuencia/Tensión            |                         |           | 3N~ / 50 / 380-415                                                |                 |        |         |        |         |         |        |         |         |         |         |    |  |
| Corriente: 50 Hz                                 | Amperios máximos del fusible (MFA) |                         |           | A                                                                 | 20              | 25     | 40      | 32     | 40      | 32      | 40     | 40      | 40      | 50      | 50      | 50 |  |

| REYQ-T                                           |                                    |         |    | 22 | 24     | 26   | 28   | 30   | 32   | 34    | 36    | 38    | 40    | 42    | 44    | 46    | 48    | 50    | 52    | 54    |       |
|--------------------------------------------------|------------------------------------|---------|----|----|--------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Sistema                                          | Módulo de la unidad exterior 1     |         |    |    | 8      | 12   | 12   | 12   | 16   | 16    | 16    | 8     | 10    | 10    | 12    | 14    | 16    | 16    | 16    | 18    |       |
|                                                  | Módulo de la unidad exterior 2     |         |    |    | 16     | 14   | 16   | 18   | 16   | 18    | 20    | 10    | 12    | 16    | 16    | 16    | 16    | 16    | 18    | 18    |       |
|                                                  | Módulo de la unidad exterior 3     |         |    |    |        |      |      |      |      |       |       | 20    | 18    | 16    | 16    | 16    | 16    | 18    | 18    | 18    |       |
| Límites de capacidad                             |                                    |         |    | CV | 22     | 24   | 26   | 28   | 30   | 32    | 34    | 36    | 38    | 40    | 42    | 44    | 46    | 48    | 50    | 52    | 54    |
| Calefacción continua                             |                                    |         |    |    | V      | V    | V    | V    | V    | V     | V     | V     | V     | V     | V     | V     | V     | V     | V     | V     | V     |
| Capacidad de refrigeración                       | Nom.                               |         |    | kW | 61,5   | 67,4 | 73,5 | 78,5 | 83,5 | 90    | 95,0  | 101,0 | 106,4 | 111,5 | 118,0 | 123,5 | 130,0 | 135   | 140,0 | 145,0 | 150   |
| Capacidad de calefacción                         | Nom.                               |         |    | kW | 61,5   | 67,4 | 73,5 | 78,5 | 83,5 | 90    | 95,0  | 101,0 | 106,4 | 111,5 | 118,0 | 123,5 | 130,0 | 135   | 140,0 | 145,0 | 150   |
| Capacidad de calefacción                         | Máx.                               |         |    | kW | 69,0   | 75,0 | 82,5 | 87,5 | 93,5 | 100   | 106,0 | 113,0 | 119,5 | 125,0 | 131,5 | 137,5 | 145,0 | 150   | 156,0 | 162,0 | 168   |
| Consumo: 50 Hz                                   | Refrigeración                      | Nom.    | kW | -  | -      | -    | -    | -    | -    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |       |
|                                                  | Calefacción                        | Nom.    | kW | -  | -      | -    | -    | -    | -    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |       |
| EER                                              |                                    |         |    |    | -      | -    | -    | -    | -    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |       |
| ESEER                                            |                                    |         |    |    | -      | -    | -    | -    | -    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |       |
| COP                                              |                                    |         |    |    | -      | -    | -    | -    | -    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |       |
| Número máximo de unidades interiores conectables |                                    |         |    |    | 64 (1) |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Índice de conexión interior                      | Mín.                               |         |    |    | 275    | 300  | 325  | 350  | 375  | 400   | 425   | 450   | 475   | 500   | 525   | 550   | 575   | 600   | 625   | 650   | 675   |
|                                                  | Nom.                               |         |    |    | 550    | 600  | 650  | 700  | 750  | 800   | 850   | 900   | 950   | 1.000 | 1.050 | 1.100 | 1.150 | 1.200 | 1.250 | 1.300 | 1.350 |
|                                                  | Máx.                               |         |    |    | 715    | 780  | 845  | 910  | 975  | 1.040 | 1.105 | 1.170 | 1.235 | 1.300 | 1.365 | 1.430 | 1.495 | 1.560 | 1.625 | 1.690 | 1.755 |
| Conexiones de tubería                            | Líquido                            | D.E.    | mm |    | 15,9   | 15,9 | 19,1 | 19,1 | 19,1 | 19,1  | 19,1  | 19,1  | 19,1  | 19,1  | 19,1  | 19,1  | 19,1  | 19,1  | 19,1  | 19,1  | 19,1  |
|                                                  | Gas                                | D.E.    | mm |    | 28,6   | 34,9 | 34,9 | 34,9 | 34,9 | 34,9  | 34,9  | 41,3  | 41,3  | 41,3  | 41,3  | 41,3  | 41,3  | 41,3  | 41,3  | 41,3  | 41,3  |
|                                                  | Gas de descarga                    | D.E.    | mm |    | 28,6   | 28,6 | 28,6 | 28,6 | 28,6 | 28,6  | 28,6  | 34,9  | 34,9  | 34,9  | 34,9  | 34,9  | 34,9  | 34,9  | 34,9  | 34,9  | 34,9  |
|                                                  | Longitud total de tubería          | sistema | m  |    | 1.000  |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Corriente: 50 Hz                                 | Amperios máximos del fusible (MFA) |         |    | A  | 63     | 63   | 63   | 63   | 80   | 80    | 80    | 80    | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 125   | 125   | 125   | 125   |

| Módulo de unidad exterior |                                    |              |        | REMQST             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------|------------------------------------|--------------|--------|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Dimensiones               | Unidad                             | Al x An x Pr | mm     | 1.685x930x765      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Peso                      | Unidad                             |              | kg     | 198                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Ventilador                | Caudal de aire                     |              | m³/min | 162                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Nivel de potencia sonora  | Refrigeración                      |              | dB(A)  | 78                 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Nivel de presión sonora   | Refrigeración                      |              | dB(A)  | 58                 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Límites de funcionamiento | Refrigeración                      |              | °CBS   | -20(2) / -5~43     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                           | Calefacción                        |              | °CBH   | -20~15,5           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Producción de agua        | Refrigeración de habitaciones      |              |        | 8~43               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                           | Calefacción espacial               |              |        | -20~-20 / 24 (2)   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                           | Agua caliente sanitaria            |              |        | -20~43             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Refrigerante              | Tipo                               |              |        | R-410A             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Alimentación eléctrica    | Fase/Frecuencia/Tensión            |              |        | 3N~ / 50 / 380-415 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Corriente: 50 Hz          | Amperios máximos del fusible (MFA) |              |        | 20                 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1 El número real de unidades interiores conectables depende del tipo de unidad interior (unidad interior VRV, hidrokitt, etc.) y la restricción en el índice de conexión del sistema (50% <= CR <= 130%)

2 Ajuste en la obra

RYYQ8-54T

RXYQ8-54T

RXYQQ8-42T

Sistema VRV IV de bomba de calor con calefacción continua

Sistema VRV IV de bomba de calor sin calefacción continua

Replacement VRV IV con bomba de calor

| Unidad exterior                                  |                                    |                             |              | 8                  | 10                  | 12                  | 14                  | 16                  | 18                  | 20                  |
|--------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Límites de capacidad                             |                                    |                             |              | CV                 | 8                   | 10                  | 12                  | 14                  | 16                  | 20                  |
| Capacidad de refrigeración Nom.                  |                                    |                             |              | kW                 | 22,4                | 28,0                | 33,5                | 40,0                | 45,0                | 56,0                |
| Capacidad de calefacción Nom. / Máx.             |                                    |                             |              | kW                 | 22,4/ 25,0          | 28,0 / 31,5         | 33,5 / 37,5         | 40,0/ 45,0          | 45,0 / 50,0         | 50,0 / 56,0         |
| Consumo: 50 Hz                                   | Refrigeración                      | Nom.                        | kW           | 5,21               | 7,29                | 8,98                | 11,0                | 13,0                | 14,7                | 18,5                |
|                                                  | Calefacción                        | Nom.                        | kW           | 5,5                | 7,38                | 9,10                | 11,2                | 12,8                | 14,4                | 17,0                |
| EER                                              |                                    |                             |              |                    | 4,30                | 3,84                | 3,73                | 3,64                | 3,46                | 3,03                |
| ESEER                                            |                                    |                             |              |                    | 6,37 (2) / 7,53 (3) | 5,67 (2) / 7,20 (3) | 5,50 (2) / 6,96 (3) | 5,31 (2) / 6,83 (3) | 5,05 (2) / 6,50 (3) | 4,97 (2) / 6,38 (3) |
| COP                                              |                                    |                             |              |                    | 4,54                | 4,27                | 4,12                | 4,02                | 3,91                | 3,71                |
| Número máximo de unidades interiores conectables |                                    |                             |              |                    | 64 (1)              |                     |                     |                     |                     |                     |
| Índice de conexión interior                      | Mín.                               |                             |              |                    | 100                 | 125                 | 150                 | 175                 | 200                 | 225                 |
|                                                  | Nom.                               |                             |              |                    | 200                 | 250                 | 300                 | 350                 | 400                 | 450                 |
|                                                  | Máx.                               |                             |              |                    | 260                 | 325                 | 390                 | 455                 | 520                 | 585                 |
| Dimensiones                                      | Unidad                             | Altura x Anchura x Longitud | mm           | 1.685x930x765      |                     |                     |                     | 1.685x1.240x765     |                     |                     |
| Peso                                             | Unidad RYYQ/RXYQ/RXYQQ             |                             | kg           | 261 / 187 / 187    |                     | 268 / 194 / 194     |                     | 364 / 305 / 305     |                     | 398 / 314 / 314     |
| Ventilador                                       | Caudal de aire                     | Refrigeración Nom.          | m³/min       | 162                | 175                 | 185                 | 223                 | 260                 | 251                 | 261                 |
| Nivel de potencia sonora                         | Refrigeración                      | Nom.                        | dBA          | 78                 | 79                  |                     | 81                  | 86                  |                     | 88                  |
| Nivel de presión sonora                          | Refrigeración                      | Nom.                        | dBA          | 58                 |                     |                     | 61                  | 64                  | 65                  | 66                  |
| Límites de funcionamiento                        | Refrigeración                      | Mín.~máx.                   | °CBS         | -5~-43             |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
|                                                  | Calefacción                        | Mín.~máx.                   | °CBH         | -20~-15,5          |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| Refrigerante                                     | Tipo                               |                             |              | R-410A             |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| Conexiones de tubería                            | Líquido                            | D.E.                        | mm           | 9,52               |                     | 12,7                |                     |                     | 15,9                |                     |
|                                                  | Gas                                | D.E.                        | mm           | 19,1               | 22,2                | 28,6                |                     |                     |                     |                     |
|                                                  | Longitud total de tubería          |                             | Sistema Real | m                  |                     | 1.000               |                     |                     |                     |                     |
| Alimentación eléctrica                           | Fase/Frecuencia/Tensión            |                             | Hz/V         | 3N~ / 50 / 380-415 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| Corriente: 50 Hz                                 | Amperios máximos del fusible (MFA) |                             |              | A                  | 20                  | 25                  | 32                  | 40                  |                     | 50                  |

| Sistema exterior                                 |                                |  |             | 22                                 | 24                  | 26                  | 28                  | 30                  | 32                  | 34                  | 36                  |                     |
|--------------------------------------------------|--------------------------------|--|-------------|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Sistema                                          | Módulo de la unidad exterior 1 |  |             | 10                                 | 8                   |                     | 12                  |                     |                     | 16                  |                     |                     |
|                                                  | Módulo de la unidad exterior 2 |  |             | 12                                 | 16                  | 14                  | 16                  | 18                  | 16                  | 18                  | 20                  |                     |
|                                                  | Módulo de la unidad exterior 3 |  |             |                                    |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| Límites de capacidad                             |                                |  | CV          | 22                                 | 24                  | 26                  | 28                  | 30                  | 32                  | 34                  | 36                  |                     |
| Capacidad de refrigeración                       |                                |  | Nom.        | kW                                 | 61,5                | 67,4                | 73,5                | 78,5                | 83,5                | 90,0                | 95,0                | 101,0               |
| Capacidad de calefacción                         |                                |  | Nom. / Máx. | kW                                 | 61,5 / 69,0         | 67,4 / 75,0         | 73,5 / 82,5         | 78,5 / 87,5         | 83,5 / 93,5         | 90,0 / 100,0        | 95,0 / 106,0        | 101,0 / 113,0       |
| Consumo: 50 Hz                                   | Refrigeración                  |  | Nom.        | kW                                 | 16,3                | 18,2                | 20,0                | 22,0                | 23,7                | 26,0                | 27,7                | 31,5                |
|                                                  | Calefacción                    |  | Nom.        | kW                                 | 16,5                | 18,3                | 20,3                | 21,9                | 23,5                | 25,6                | 27,2                | 29,8                |
| EER                                              |                                |  |             |                                    | 3,77                | 3,70                | 3,68                | 3,57                | 3,52                | 3,46                | 3,43                | 3,21                |
| ESEER                                            |                                |  |             |                                    | 5,58 (2) / 7,07 (3) | 5,42 (2) / 6,81 (3) | 5,39 (2) / 6,89 (3) | 5,23 (2) / 6,69 (3) | 5,17 (2) / 6,60 (3) | 5,05 (2) / 6,50 (3) | 5,01 (2) / 6,44 (3) | 4,68 (2) / 6,02 (3) |
| COP                                              |                                |  |             |                                    | 4,18                | 4,10                | 4,06                | 4,00                | 3,98                | 3,91                | 3,90                | 3,79                |
| Número máximo de unidades interiores conectables |                                |  |             |                                    | 64 (1)              |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| Índice de conexión interior                      | Mín.                           |  |             |                                    | 275                 | 300                 | 325                 | 350                 | 375                 | 400                 | 425                 | 450                 |
|                                                  | Nom.                           |  |             |                                    | 550                 | 600                 | 650                 | 700                 | 750                 | 800                 | 850                 | 900                 |
|                                                  | Máx.                           |  |             |                                    | 715                 | 780                 | 845                 | 910                 | 975                 | 1.040               | 1.105               | 1.170               |
| Conexiones de tubería                            | Líquido                        |  | D.E.        | mm                                 | 15,9                |                     | 19,1                |                     |                     |                     |                     |                     |
|                                                  | Gas                            |  | D.E.        | mm                                 | 28,6                | 34,9                |                     |                     |                     |                     |                     | 41,3                |
|                                                  | Longitud total de tubería      |  | Sistema     | Real                               | m                   |                     |                     |                     |                     | 1.000               |                     |                     |
| Corriente: 50 Hz                                 |                                |  |             | Amperios máximos del fusible (MFA) |                     | A                   | 63                  |                     |                     | 80                  |                     |                     |

| Sistema exterior                                 |                                |  |                 | 38                                 | 40                  | 42                  | 44                  | 46                  | 48                  | 50                  | 52                  | 54                  |                     |     |
|--------------------------------------------------|--------------------------------|--|-----------------|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----|
| Sistema                                          | Módulo de la unidad exterior 1 |  |                 | 8                                  | 10                  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |     |
|                                                  | Módulo de la unidad exterior 2 |  |                 | 10                                 | 12                  |                     |                     | 16                  |                     |                     | 18                  |                     |                     |     |
|                                                  | Módulo de la unidad exterior 3 |  |                 | 20                                 | 18                  |                     | 16                  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |     |
| Límites de capacidad                             |                                |  | CV              | 38                                 | 40                  |                     | 44                  | 46                  | 48                  | 50                  | 52                  | 54                  |                     |     |
| Capacidad de refrigeración                       |                                |  | Nom.            | kW                                 | 106,0               | 112,0               | 118,0               | 124,0               | 130,0               | 135,0               | 140,0               | 145,0               | 150,0               |     |
| Capacidad de calefacción                         |                                |  | Nom. / Máx.     | kW                                 | 106,0 / 120,0       | 112,0 / 125,0       | 118,0 / 132,0       | 124,0 / 138,0       | 130,0 / 145,0       | 135,0 / 150,0       | 140,0 / 156,0       | 145,0 / 162,0       | 150,0 / 168,0       |     |
| Consumo: 50 Hz                                   | Refrigeración                  |  | Nom.            | kW                                 | 31,0                | 33,3                | 35,0                | 37,0                | 39,0                | 40,7                | 42,4                | 44,1                |                     |     |
|                                                  | Calefacción                    |  | Nom.            | kW                                 | 29,9                | 30,9                | 33,0                | 34,7                | 36,8                | 38,4                | 40,0                | 41,6                | 43,2                |     |
| EER                                              |                                |  |                 |                                    | 3,42                | 3,61                | 3,54                | 3,51                | 3,46                | 3,44                | 3,42                | 3,40                |                     |     |
| ESEER                                            |                                |  |                 |                                    | 5,03 (2) / 6,36 (3) | 5,29 (2) / 6,74 (3) | 5,19 (2) / 6,65 (3) | 5,17 (2) / 6,62 (3) | 5,13 (2) / 6,60 (3) | 5,05 (2) / 6,50 (3) | 5,02 (2) / 6,46 (3) | 4,99 (2) / 6,42 (3) | 4,97 (2) / 6,38 (3) |     |
| COP                                              |                                |  |                 |                                    | 4,01                | 4,05                | 4,00                | 3,98                | 3,94                | 3,91                | 3,90                | 3,89                |                     |     |
| Número máximo de unidades interiores conectables |                                |  |                 |                                    |                     |                     |                     | 64 (1)              |                     |                     |                     |                     |                     |     |
| Índice de conexión interior                      | Mín.                           |  |                 |                                    | 475                 | 500                 | 525                 | 550                 | 575                 | 600                 | 625                 | 650                 | 675                 |     |
|                                                  | Nom.                           |  |                 |                                    | 950                 | 1.000               | 1.050               | 1.100               | 1.150               | 1.200               | 1.250               | 1.300               | 1.350               |     |
|                                                  | Máx.                           |  |                 |                                    | 1.235               | 1.300               | 1.365               | 1.430               | 1.495               | 1.560               | 1.625               | 1.690               | 1.755               |     |
| Conexiones de tubería                            | Líquido                        |  | D.E.            | mm                                 | 19,1                |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |     |
|                                                  | Gas                            |  | D.E.            | mm                                 | 41,3                |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |     |
|                                                  | Longitud total de tubería      |  | Sistema    Real | m                                  | 1.000               |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |     |
| Corriente: 50 Hz                                 |                                |  |                 | Amperios máximos del fusible (MFA) |                     |                     |                     | A                   | 100                 |                     |                     |                     |                     | 125 |

| Módulo de unidad exterior para combinaciones RYYQ-T |                                    |                             |      | RYMQ8T | RYMQ10T            | RYMQ12T | RYMQ14T | RYMQ16T         | RYMQ18T | RYMQ20T |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------|--------|--------------------|---------|---------|-----------------|---------|---------|
| Dimensiones                                         | Unidad                             | Altura x Anchura x Longitud |      | mm     | 1.685x930x765      |         |         | 1.685x1.240x765 |         |         |
| Peso                                                | Unidad                             |                             |      | kg     | 188                | 195     |         | 309             |         | 319     |
| Ventilador                                          | Caudal de aire                     | Refrigeración               | Nom. | m³/min | 162                | 175     | 185     | 223             | 260     | 261     |
| Nivel de potencia sonora                            | Refrigeración                      | Nom.                        |      | dBA    | 78                 | 79      | 81      | 86              |         | 88      |
| Nivel de presión sonora                             | Refrigeración                      | Nom.                        |      | dBA    | 58                 |         | 61      | 64              | 65      | 66      |
| Límites de funcionamiento                           | Refrigeración                      | Min.~máx.                   |      | °CBS   | -5~43              |         |         |                 |         |         |
|                                                     | Calefacción                        | Min.~máx.                   |      | °CBH   | -20~15,5           |         |         |                 |         |         |
| Refrigerante                                        | Tipo                               |                             |      |        |                    |         |         |                 |         |         |
| Alimentación eléctrica                              | Fase/Frecuencia/Tensión            |                             |      | Hz/V   | 3N~ / 50 / 380-415 |         |         |                 |         |         |
| Corriente: 50 Hz                                    | Amperios máximos del fusible (MFA) |                             |      | A      | 20                 | 25      | 32      | 40              |         | 50      |

(1) El número real de unidades interiores conectables depende del tipo de unidad interior (unidad interior VRV, hidrokli, unidad interior RA, etc.) y la restricción en el índice de conexión del sistema (50% <= CR <= 130%) (2) El valor ESTÁNDAR ESEER se corresponde con el funcionamiento normal de la unidad VRV IV de bomba de calor, teniendo en cuenta la función de ahorro energético avanzada (3) El valor AUTOMÁTICO ESEER se corresponde con el funcionamiento normal de la unidad VRV IV de bomba de calor, teniendo en cuenta la función de ahorro energético avanzada (control de temperatura de refrigerante variable) (4) Las combinaciones múltiples RYYQ-T utilizan módulos RYMQ-T, las combinaciones múltiples RXYQ-T utilizan módulos RXYQ-T, las combinaciones múltiples RXYQQ-T utilizan módulos RXYQQ-T

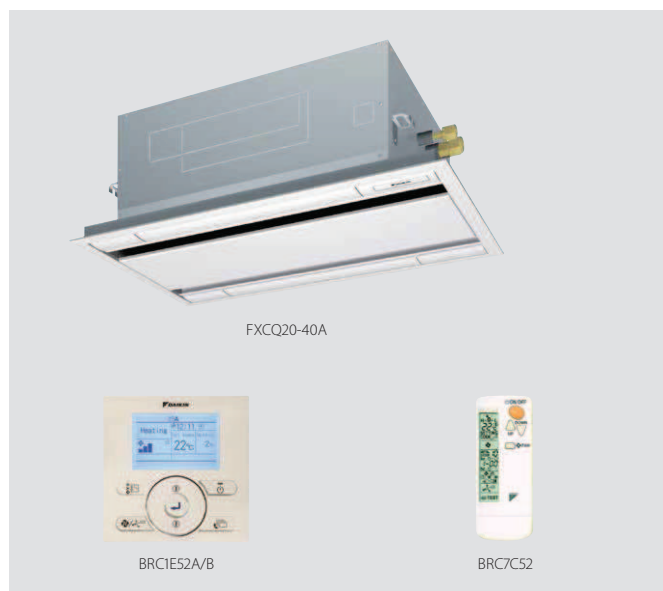
## 2-way blow ceiling mounted cassette

Thin, lightweight design, easy to install  
in shallow ceiling spaces

- › Depth of all units is 620mm, ideal for shallow ceiling spaces
- › Refurbishing the room? With individual flap control, one or more flaps can be closed easily via the wired remote control



- › Stylish unit blends easily with any interior. The flaps close entirely when the unit is not operating
- › Optimum comfort guaranteed with automatic air flow adjustment to the required load
- › Maintenance operations can be performed by removing the front panel



Fully integrated solutions for medium to large commercial environments

| Indoor unit              |                         |                    | FXCQ   | 20A                            | 25A            | 32A            | 40A            | 50A            | 63A            | 80A            | 125A           |
|--------------------------|-------------------------|--------------------|--------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Cooling capacity         | Nom.                    |                    | kW     | 2.2                            | 2.8            | 3.6            | 4.5            | 5.6            | 7.1            | 9.0            | 14.0           |
| Heating capacity         | Nom.                    |                    | kW     | 2.5                            | 3.2            | 4.0            | 5.0            | 6.3            | 8.0            | 10.0           | 16.0           |
| Power input - 50Hz       | Cooling                 | Nom.               | kW     | 0.031                          | 0.039          |                | 0.041          | 0.059          | 0.063          | 0.090          | 0.149          |
|                          | Heating                 | Nom.               | kW     | 0.028                          | 0.035          |                | 0.037          | 0.056          | 0.060          | 0.086          | 0.146          |
| Dimensions               | Unit                    | Height             | mm     | 305                            |                |                |                |                |                |                |                |
|                          |                         | Width              | mm     | 775                            |                |                |                | 990            |                | 1,445          |                |
|                          |                         | Depth              | mm     | 620                            |                |                |                |                |                |                |                |
| Weight                   | Unit                    |                    | kg     | 19                             |                |                |                | 22             | 25             | 33             | 38             |
| Casing                   | Material                |                    |        | Galvanised steel plate         |                |                |                |                |                |                |                |
| Decoration panel         | Model                   |                    |        | BYBCQ40HW1                     |                |                |                | BYBCQ63HW1     |                | BYBCQ125HW1    |                |
|                          | Colour                  |                    |        | Fresh white (6.5Y 9.5/0.5)     |                |                |                |                |                |                |                |
|                          | Dimensions              | HeightxWidthxDepth | mm     | 55x1,070x700                   |                |                |                | 55x1,285x700   |                | 55x1,740x700   |                |
|                          | Weight                  |                    | kg     | 10                             |                |                |                | 11             |                | 13             |                |
| Fan-Air flow rate - 50Hz | Cooling                 | High/Nom./Low      | m³/min | 10.5/9/7.5                     | 11.5/9.5/8     |                | 12/10.5/8.5    | 15/13/10.5     | 16/14/11.5     | 26/22.5/18.5   | 32/27.5/22.5   |
| Air filter               | Type                    |                    |        | Resin net with mold resistance |                |                |                |                |                |                |                |
| Sound pressure level     | Cooling                 | High/Nom./Low      | dBA    | 32.0/30.0/28.0                 | 34.0/31.0/29.0 | 34.0/32.0/30.0 | 36.0/33.0/31.0 | 37.0/35.0/31.0 | 39.0/37.0/32.0 | 42.0/38.0/33.0 | 46.0/42.0/38.0 |
|                          | Heating                 | High/Nom./Low      | dBA    | 32.0/30.0/28.0                 | 34.0/31.0/29.0 | 34.0/32.0/30.0 | 36.0/33.0/31.0 | 37.0/35.0/31.0 | 39.0/37.0/32.0 | 42.0/38.0/33.0 | 46.0/42.0/38.0 |
| Refrigerant              | Type / GWP              |                    |        | R-410A / 2.087,5               |                |                |                |                |                |                |                |
| Piping connections       | Liquid                  | OD                 | mm     | 6.35                           |                |                |                | 9.52           |                |                |                |
|                          | Gas                     | OD                 | mm     | 12.7                           |                |                |                | 15.9           |                |                |                |
|                          | Drain                   |                    |        | VP25 (O.D. 32 / I.D. 25)       |                |                |                |                |                |                |                |
| Power supply             | Phase/Frequency/Voltage |                    | Hz/V   | 1~/50/220-240                  |                |                |                |                |                |                |                |
| Current - 50Hz           | Maximum fuse amps (MFA) |                    | A      | 16                             |                |                |                |                |                |                |                |
| Control systems          | Infrared remote control |                    |        | BRC7C52                        |                |                |                |                |                |                |                |
|                          | Wired remote control    |                    |        | BRC1D52 / BRC1E52A/B           |                |                |                |                |                |                |                |

Contains fluorinated gases.



# RECUPERADORES DE CALOR DE FLUJO CRUZADO CONFIGURABLES

Series CADB/T-D F7+F7  
CADB/T-DI F7+F7  
CADB/T-DC F7+F7

**NOVEDAD**

ENERGY  
EFFICIENT



VENTILATION  
SYSTEM



Filtros F7 para la aportación y extracción de aire.  
Responde al cumplimiento de las exigencias  
del R.I.T.E.

Recuperadores de calor, con **intercambiador de flujos cruzados**, montados en cajas de **acero galvanizado plastificado** de color blanco, **de doble pared con aislamiento interior termoacústico ininflamable (M0)** de fibra de vidrio de 25 mm de espesor, bocas de entrada y salida configurables, **versiones para instalación horizontal y versiones para instalación vertical**, **embocaduras con junta estanca**, **filtro F7** con baja pérdida de carga, fabricado en polipropileno, **para la aportación y la extracción de aire**.

## Serie CADB/T-D F7+F7

Recuperadores de calor sin aporte adicional de calefacción.

## Serie CADB/T-DI F7+F7

Recuperadores de calor con resistencia eléctrica de calefacción incorporada.

## Serie CADB/T-DC F7+F7

Recuperadores de calor con batería de agua caliente incorporada.

## Motores

IP20, Clase F (Gamas 05, 08, 18 y 30).  
IP55, Clase F (Gama 45 y 56).

## Otros datos

Modelos monofásicos (CADB) y trifásicos (CADT).

Caudales de 450 a 5.600 m<sup>3</sup>/h.

Versiones con **microprocesadores electrónicos (BASIC, PROGRAM, AVANZ o DOMO)** que permiten múltiples funciones (ver información completa en páginas de "Versiones con microprocesador electrónico").

Las versiones con microprocesador electrónico de los tamaños 45 y 56, incorporan además un variador de frecuencia.

Versiones horizontales y versiones verticales, ambas con posibilidad de by-pass.

Paneles laterales intercambiables que permiten múltiples combinaciones.

## APLICACIONES



Locales  
comerciales



Oficinas



Hostalería



VMC  
viviendas  
colectivas

## ■ Rendimiento térmico de los recuperadores en función de las temperaturas

| Modelo          | Caudal aire<br>m³/h | T Aire ambiente |        | T Aire exterior |        | T Aire tratado<br>°C | Eficiencia<br>mínima<br>% | Potencia<br>kW |
|-----------------|---------------------|-----------------|--------|-----------------|--------|----------------------|---------------------------|----------------|
|                 |                     | °C              | H.R. % | °C              | H.R. % |                      |                           |                |
| CADB-D 05 F7+F7 | 400                 | 20              | 50     | -10             | 80     | 5,6                  | 52,2                      | 2,7            |
|                 |                     |                 |        | -5              | 80     | 7,7                  | 50,7                      | 2,2            |
|                 |                     |                 |        | 0               | 70     | 9,4                  | 46,9                      | 1,6            |
|                 |                     |                 |        | 5               | 60     | 11,7                 | 44,9                      | 1,2            |
|                 |                     |                 | 60     | -10             | 80     | 7                    | 56,7                      | 2,9            |
|                 |                     |                 |        | -5              | 80     | 8,6                  | 54,4                      | 2,3            |
|                 |                     |                 |        | 0               | 70     | 10,5                 | 52,5                      | 1,8            |
|                 |                     |                 |        | 5               | 60     | 12,1                 | 47,4                      | 1,2            |
| CADB-D 08 F7+F7 | 800                 | 20              | 50     | -10             | 80     | 6,6                  | 55,4                      | 4,5            |
|                 |                     |                 |        | -5              | 80     | 8,5                  | 53,9                      | 3,7            |
|                 |                     |                 |        | 0               | 70     | 10                   | 49,8                      | 2,7            |
|                 |                     |                 |        | 5               | 60     | 12,1                 | 47,4                      | 1,9            |
|                 |                     |                 | 60     | -10             | 80     | 8                    | 60,1                      | 4,9            |
|                 |                     |                 |        | -5              | 80     | 9,5                  | 57,9                      | 4              |
|                 |                     |                 |        | 0               | 70     | 11,2                 | 55,8                      | 3,1            |
|                 |                     |                 |        | 5               | 60     | 12,5                 | 50,3                      | 2,1            |
| CADB-D 18 F7+F7 | 1.900               | 20              | 50     | -10             | 80     | 5,9                  | 53,1                      | 10,3           |
|                 |                     |                 |        | -5              | 80     | 7,9                  | 51,6                      | 8,4            |
|                 |                     |                 |        | 0               | 70     | 9,5                  | 47,7                      | 6,2            |
|                 |                     |                 |        | 5               | 60     | 11,8                 | 45,6                      | 4,4            |
|                 |                     |                 | 60     | -10             | 80     | 7,3                  | 57,7                      | 11,2           |
|                 |                     |                 |        | -5              | 80     | 8,8                  | 55,4                      | 9              |
|                 |                     |                 |        | 0               | 70     | 10,7                 | 53,4                      | 6,9            |
|                 |                     |                 |        | 5               | 60     | 12,2                 | 48,2                      | 4,7            |
| CADB-D 30 F7+F7 | 3.000               | 20              | 50     | -10             | 80     | 6,2                  | 54                        | 16,6           |
|                 |                     |                 |        | -5              | 80     | 8,1                  | 52,5                      | 13,4           |
|                 |                     |                 |        | 0               | 70     | 9,7                  | 48,5                      | 9,9            |
|                 |                     |                 |        | 5               | 60     | 11,9                 | 46,3                      | 7,1            |
|                 |                     |                 | 60     | -10             | 80     | 7,6                  | 58,7                      | 18             |
|                 |                     |                 |        | -5              | 80     | 9,1                  | 56,4                      | 14,5           |
|                 |                     |                 |        | 0               | 70     | 10,9                 | 54,4                      | 11,2           |
|                 |                     |                 |        | 5               | 60     | 12,4                 | 49,1                      | 7,5            |
| CADT-D 45 F7+F7 | 4.500               | 20              | 50     | -10             | 80     | 6,6                  | 55,2                      | 25             |
|                 |                     |                 |        | -5              | 80     | 8,5                  | 54                        | 20,3           |
|                 |                     |                 |        | 0               | 70     | 10,1                 | 50,2                      | 15,2           |
|                 |                     |                 |        | 5               | 60     | 12,1                 | 47,6                      | 10,7           |
|                 |                     |                 | 60     | -10             | 80     | 8,1                  | 60,3                      | 27,3           |
|                 |                     |                 |        | -5              | 80     | 9,8                  | 59,3                      | 22,3           |
|                 |                     |                 |        | 0               | 70     | 11,3                 | 56,3                      | 17             |
|                 |                     |                 |        | 5               | 60     | 12,8                 | 51,7                      | 11,7           |
| CADT-D 56 F7+F7 | 5.600               | 20              | 50     | -10             | 80     | 6,3                  | 54,5                      | 31,7           |
|                 |                     |                 |        | -5              | 80     | 8,1                  | 52,3                      | 25,4           |
|                 |                     |                 |        | 0               | 70     | 9,8                  | 48,8                      | 18,9           |
|                 |                     |                 |        | 5               | 60     | 11,9                 | 46,1                      | 13,4           |
|                 |                     |                 | 60     | -10             | 80     | 7,5                  | 58,5                      | 34,1           |
|                 |                     |                 |        | -5              | 80     | 9,4                  | 57,5                      | 27,9           |
|                 |                     |                 |        | 0               | 70     | 10,9                 | 54,5                      | 21,2           |
|                 |                     |                 |        | 5               | 60     | 12,5                 | 50                        | 14,6           |





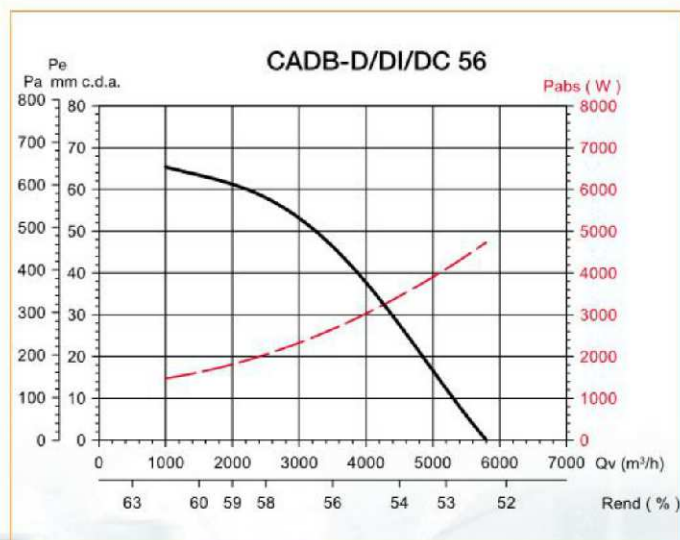
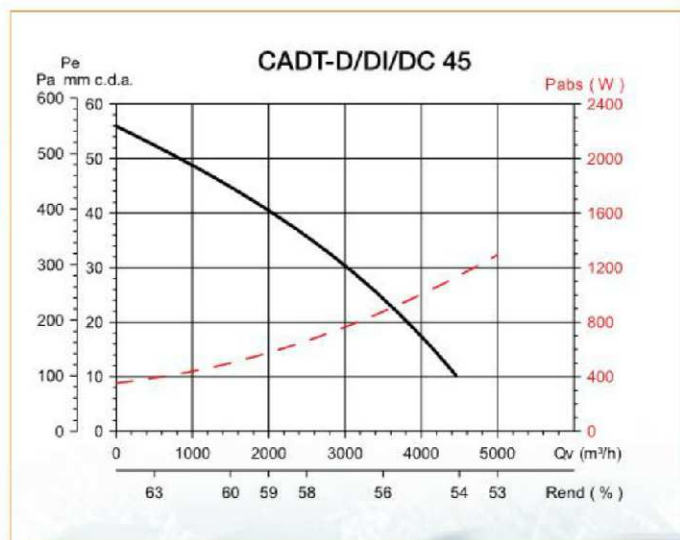
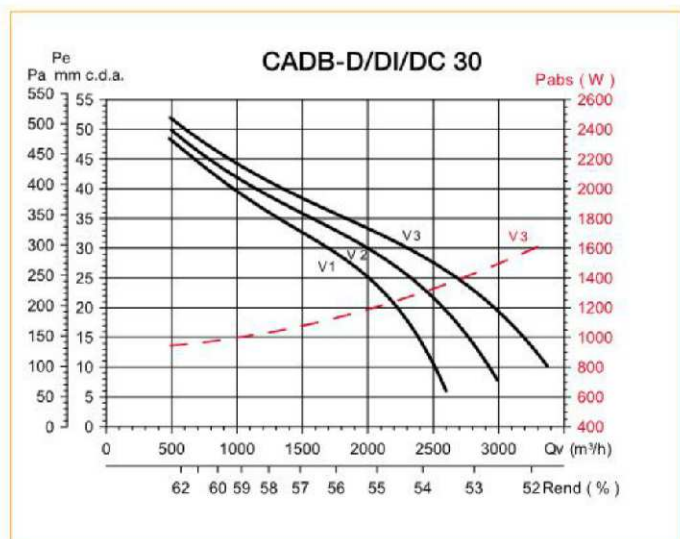
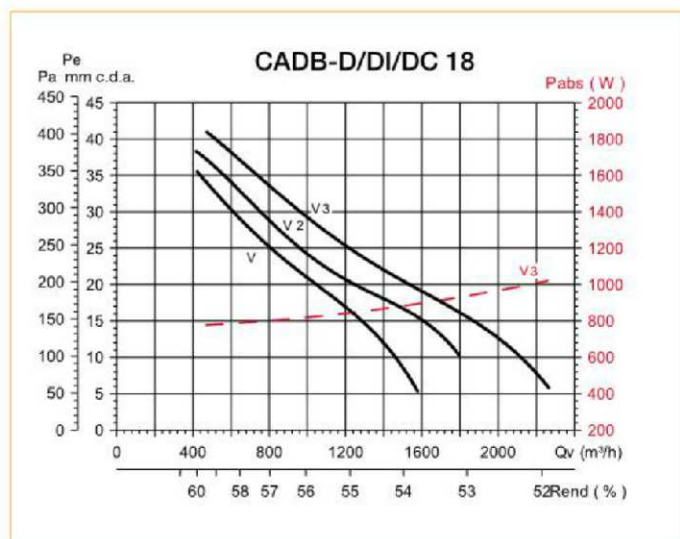
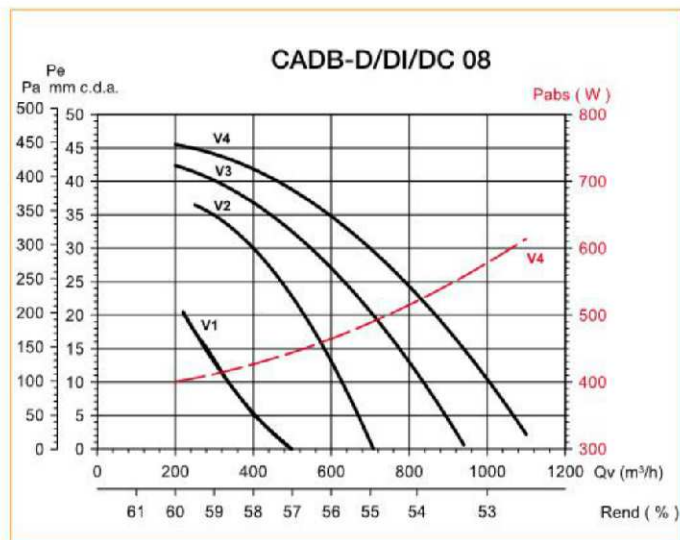
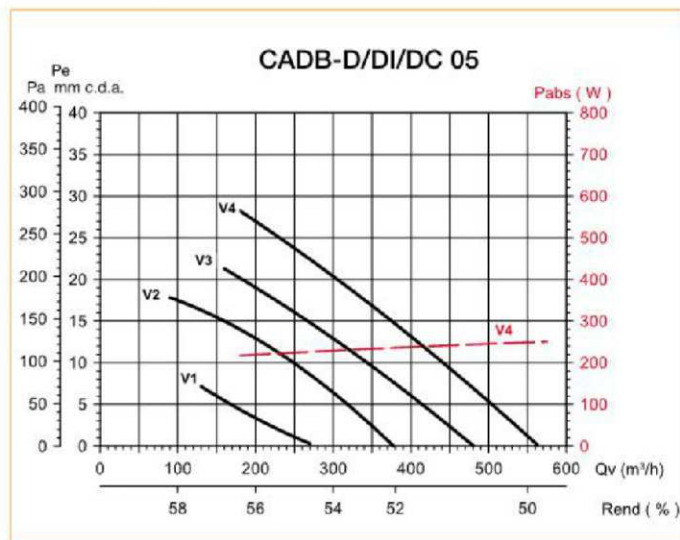
## ■ Curvas características

- $Q_v$  = Caudal en  $m^3/h$  y en  $m^3/s$ .
- $P_e$  = Presión estática en mm.c.d.a y Pa.
- $P_{abs}$  = Potencia absorbida a la velocidad máxima (W).
- Aire seco normal a  $20^\circ C$  y 760 mm c.d. Hg.
- Ensayos realizados de acuerdo a Norma ISO 5801 y AMCA 210-99.

## Pérdidas de carga adicionales

**Resistencias:** Todos los modelos 10Pa.

**Baterías:** Gama 05, 16Pa. Gama 08, 13Pa. Gama 18, 31Pa.  
Gama 30, 27Pa. Gama 45, 60Pa. Gama 56, 100Pa.



## Datos técnicos

N.º de pedido y precios: consultar Lista de precios



### **VITOCROSSAL 300** Modelo CT3B

**Caldera de condensación a gas** para gas natural y GLP  
Con quemador de radiación modulante MatriX hasta 314 kW  
(gas natural)

## Datos técnicos de la caldera

### Datos técnicos

|                                                               |         |                                                  |       |      |       |      |      |
|---------------------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------------|-------|------|-------|------|------|
| Potencia térmica útil                                         |         |                                                  |       |      |       |      |      |
| T <sub>i</sub> /T <sub>R</sub> = 40/30 °C                     | kW      | 187                                              | 248   | 314  | 408   | 508  | 635  |
| T <sub>i</sub> /T <sub>R</sub> = 80/60 °C                     | kW      | 170                                              | 225   | 285  | 370   | 460  | 575  |
| Carga térmica nominal                                         | kW      | 177                                              | 234,5 | 297  | 385,5 | 479  | 599  |
| N.º de distintivo de homologación                             |         | CE-0085AQ0257                                    |       |      |       |      |      |
| Temperatura de servicio admisible                             | °C      | 100                                              | 100   | 100  | 100   | 100  | 100  |
| Temperatura adm. de impulsión<br>(= temperatura de seguridad) | °C      | 110                                              | 110   | 110  | 110   | 110  | 110  |
| Presión máx. de servicio admisible                            | bar     | 4                                                | 4     | 4    | 5,5   | 5,5  | 5,5  |
|                                                               | MPa     | 0,4                                              | 0,4   | 0,4  | 0,55  | 0,55 | 0,55 |
| Presión mín. de servicio adm.*1                               | bar     | 0,5                                              | 0,5   | 0,5  | 0,5   | 0,5  | 0,5  |
|                                                               | kPa     | 50                                               | 50    | 50   | 50    | 50   | 50   |
| Pérdida de carga en pasos de humos<br>(sobrepresión)          | Pa      | 100                                              | 140   | 160  | 200   | 220  | 270  |
|                                                               | mbar    | 1,0                                              | 1,4   | 1,6  | 2,0   | 2,2  | 2,7  |
| Dimensiones del cuerpo de la caldera                          |         |                                                  |       |      |       |      |      |
| Longitud c + d (sin puerta de caldera)                        | mm      | 1650                                             | 1728  | 1783 | 1823  | 1901 | 2057 |
| Anchura t                                                     | mm      | 684                                              | 684   | 684  | 800   | 800  | 800  |
| Altura n (con conexiones)                                     | mm      | 1745                                             | 1794  | 1794 | 2012  | 2012 | 2012 |
| Dimensiones totales                                           |         |                                                  |       |      |       |      |      |
| Longitud total b                                              | mm      | 1636                                             | 1714  | 1795 | 1871  | 1949 | 2105 |
| Longitud total a (con quemador MatriX)                        | mm      | 1889                                             | 1967  | 2045 | —     | —    | —    |
| Anchura total q                                               | mm      | 988                                              | 988   | 988  | 1104  | 1104 | 1104 |
| Altura total p                                                | mm      | 1959                                             | 2009  | 2032 | 2290  | 2290 | 2290 |
| Anchura u (con aislamiento térmico)                           | mm      | 821                                              | 821   | 821  | 937   | 937  | 937  |
| Bancada                                                       |         |                                                  |       |      |       |      |      |
| Longitud                                                      | mm      | 1350                                             | 1450  | 1500 | 1600  | 1650 | 1800 |
| Anchura                                                       | mm      | 800                                              | 800   | 800  | 900   | 900  | 900  |
| Altura                                                        | mm      | 100                                              | 100   | 100  | 100   | 100  | 100  |
| Peso                                                          |         |                                                  |       |      |       |      |      |
| – Cuerpo de la caldera                                        | kg      | 445                                              | 490   | 510  | 740   | 780  | 890  |
| – Cámara de combustión desmontable sin<br>puerta de caldera   | kg      | 96                                               | 96    | 96   | 124   | 124  | 124  |
| Peso total                                                    | kg      | 608                                              | 660   | 683  | 937   | 982  | 1098 |
| Caldera con aislamiento térmico y regula-<br>ción de caldera  |         |                                                  |       |      |       |      |      |
| Volumen de agua de la caldera                                 | l       | 240                                              | 265   | 300  | 460   | 500  | 540  |
| Conexiones de la caldera                                      |         |                                                  |       |      |       |      |      |
| Impulsión de caldera                                          | PN 6 DN | 65                                               | 65    | 80   | 100   | 100  | 100  |
| Retorno de caldera 1*2                                        | PN 6 DN | 65                                               | 65    | 80   | 100   | 100  | 100  |
| Retorno de caldera 2*2                                        | PN 6 DN | 50                                               | 50    | 50   | 80    | 80   | 80   |
| Toma de seguridad (válvula de seguridad)                      | R       | 1¼                                               | 1¼    | 1¼   | 1¼    | 1½   | 1½   |
| Vaciado                                                       | R       | 1                                                | 1     | 1    | 1     | 1    | 1    |
| Conducto de vaciado de condensados                            | R       | ½                                                | ½     | ½    | ½     | ½    | ½    |
| Índices de humos*3                                            |         |                                                  |       |      |       |      |      |
| Temperatura (con una temperatura de re-<br>torno de 30 °C)    |         |                                                  |       |      |       |      |      |
| – con potencia térmica nominal                                | °C      | 45                                               | 45    | 45   | 45    | 45   | 45   |
| – con carga parcial                                           | °C      | 40                                               | 40    | 40   | 40    | 40   | 40   |
| Temperatura (con una temperatura de re-<br>torno de 60 °C)    |         |                                                  |       |      |       |      |      |
| Caudal másico (con gas natural)                               |         |                                                  |       |      |       |      |      |
| – con potencia térmica nominal                                | kg/h    | 269                                              | 357   | 452  | 586   | 727  | 909  |
| – con carga parcial                                           | kg/h    | 81                                               | 107   | 136  | 176   | 218  | 272  |
| Presión de impulsión disponible                               | Pa      | 70                                               | 70    | 70   | 70    | 70   | 70   |
| En la toma de salida de humos                                 | mbar    | 0,7                                              | 0,7   | 0,7  | 0,7   | 0,7  | 0,7  |
| Conexión de humos                                             | Ø mm    | 200                                              | 200   | 200  | 250   | 250  | 250  |
| Rendimiento estacional                                        |         |                                                  |       |      |       |      |      |
| Con temp. del sistema de calefacción de<br>40/30 °C           | %       | hasta 98 (H <sub>s</sub> )/109 (H <sub>i</sub> ) |       |      |       |      |      |

<sup>\*1</sup> Para garantizar un funcionamiento seguro, se requiere una presión de servicio mínima de 0,5 bar. Para ello se puede utilizar un presostato de mínima.

<sup>\*2</sup> En caso de conexión de 2 circuitos de calefacción, conectar el circuito de calefacción con el nivel de temperatura más bajo al retorno de caldera 1.

<sup>\*3</sup> Valores de cálculo para el dimensionado del sistema de salida de humos según EN 13384 referidos a un 10 % de CO<sub>2</sub> con gas natural.

Temperaturas de humos indicadas en valores brutos medidos a una temperatura del aire de combustión de 20 °C.

Los datos relativos a la carga parcial se refieren a una potencia del 30 % de la potencia térmica útil. Si varía la carga parcial (según el modo de funcionamiento del quemador), se tiene que calcular el caudal másico de humos correspondiente.



Caldera policombustibile\_\_\_\_\_

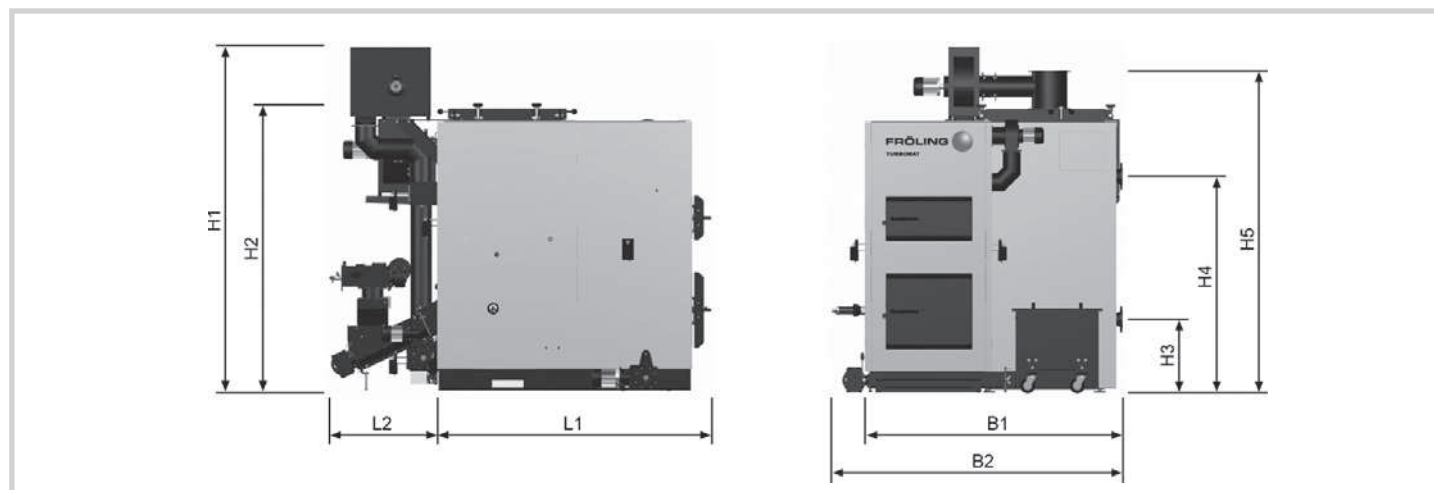
# Turbomat

TM 150/220

TM 320/400/500



## Turbomat 320/400/500



| DIMENSIONES |                                                |      | TM 320 | TM 400 | TM 500 |
|-------------|------------------------------------------------|------|--------|--------|--------|
| H1          | Altura total con recirculación de humos        | [mm] | 2940   | 3075   | 3075   |
| H2          | Altura total sin recirculación de humos        | [mm] | 2440   | 2605   | 2605   |
| H3          | Altura de conexión de retorno                  | [mm] | 620    | 690    | 690    |
| H4          | Altura de conexión de ida                      | [mm] | 1830   | 1980   | 1980   |
| H5          | Altura de conexión del tubo de salida de humos | [mm] | 2730   | 2910   | 2910   |
| B1          | Ancho de la caldera                            | [mm] | 2170   | 2550   | 2550   |
| B2          | Ancho total de la instalación                  | [mm] | 2600   | 2980   | 2980   |
| L1          | Longitud de la caldera                         | [mm] | 2325   | 2590   | 2590   |
| L2          | Longitud del sistema de alimentación           | [mm] | 925    | 1010   | 1010   |

| DATOS TÉCNICOS                                                    |        | TM 320 | TM 400 | TM 500 |
|-------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Potencia térmica nominal (astillas W30 según normativa austriaca) | [kW]   | 320    | 400    | 500    |
| Demanda de combustible requerida a carga nominal (G50/W30) aprox. | [kg/h] | 110    | 140    | 170    |
| Diámetro del tubo de salida de humos                              | [mm]   | 300    | 350    | 350    |
| Diámetro del tornillo sinfín de alimentación                      | [mm]   | 150    | 200    | 200    |
| Peso de la caldera                                                | [kg]   | 5070   | 6800   | 6800   |
| Capacidad de agua de la caldera                                   | [l]    | 560    | 750    | 750    |
| Máxima temperatura de trabajo de la caldera permitida             | [°C]   | 110    | 110    | 110    |
| Temperatura mínima de retorno                                     | [°C]   | 65     | 65     | 65     |
| Máxima presión de trabajo permitida                               | [bar]  | 6      | 6      | 6      |
| Temperatura de humos a carga nominal                              | [°C]   | 140    | 140    | 140    |



# **ANEXO IV: INFORMES HERRAMIENTA UNIFICADA**





# VERIFICACIÓN DE REQUISITOS DE CTE-HE0 Y HE1

## Nueva construcción o ampliación, en usos distintos al residencial

### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE VERIFICA:

|                                                   |                            |                    |               |
|---------------------------------------------------|----------------------------|--------------------|---------------|
| Nombre del edificio                               | Nombre del Proyecto        |                    |               |
| Dirección                                         | C/ - - - - -               |                    |               |
| Municipio                                         | Jaén                       | Código Postal      | Código Postal |
| Provincia                                         | Jaén                       | Comunidad Autónoma | Andalucía     |
| Zona climática                                    | C4                         | Año construcción   | -             |
| Normativa vigente (construcción / rehabilitación) | - Seleccione de la lista - |                    |               |
| Referencia/s catastral/es                         | ninguno                    |                    |               |

### Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

|                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción                                                                                                                                       | <input type="checkbox"/> Edificio Existente                                                                                              |
| <input type="checkbox"/> Vivienda<br><input type="checkbox"/> Unifamiliar<br><input type="checkbox"/> Bloque<br><input type="checkbox"/> Bloque completo<br><input type="checkbox"/> Vivienda individual | <input checked="" type="checkbox"/> Terciario<br><input checked="" type="checkbox"/> Edificio completo<br><input type="checkbox"/> Local |

### DATOS DEL TÉCNICO VERIFICADOR:

|                                                                          |                                                             |                    |                            |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------|
| Nombre y Apellidos                                                       | Nombres Apellido1 Apellido2                                 | NIF/NIE            | CIF                        |
| Razón social                                                             | Razón Social                                                | NIF                | -                          |
| Domicilio                                                                | Nombre calle - - - - -                                      |                    |                            |
| Municipio                                                                | Localidad                                                   | Código Postal      | Código postal              |
| Provincia                                                                | - Seleccione de la lista -                                  | Comunidad Autónoma | - Seleccione de la lista - |
| e-mail:                                                                  | -                                                           | Teléfono           | -                          |
| Titulación habilitante según normativa vigente                           | -                                                           |                    |                            |
| Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión: | HU CTE-HE y CEE Versión 0.9.1377.1014, de fecha 29-jul-2015 |                    |                            |

### Porcentaje de ahorro sobre la demanda energética conjunta\* de calefacción y de refrigeración para 0,80 ren/h\*\*

|                      |                 |                   |                 |           |
|----------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------|
| Ahorro alcanzado (%) | 20,60           | Ahorro mínimo (%) | 20,00           | Sí cumple |
| $D_{cal(0,80),O}$    | 19,43 kWh/m²año | $D_{cal(0,80),R}$ | 19,27 kWh/m²año |           |
| $D_{ref(0,80),O}$    | 38,13 kWh/m²año | $D_{ref(0,80),R}$ | 55,46 kWh/m²año |           |
| $D_{G(0,80),O}$      | 46,12 kWh/m²año | $D_{G(0,80),R}$   | 58,09 kWh/m²año |           |

### Consumo de energía primaria no renovable\*\*

|                           |                 |                                  |                  |           |
|---------------------------|-----------------|----------------------------------|------------------|-----------|
| Calificación ( $C_{ep}$ ) | B               | Calificación mínima ( $C_{ep}$ ) | B                | Sí cumple |
| $C_{ep}$                  | 85,19 kWh/m²año | $C_{ep,B-C}$                     | 117,83 kWh/m²año |           |

Ahorro mínimo Porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta respecto al edificio de referencia según la tabla 2.2 del apartado 2.2.1.1.2 de la sección HE1

|                   |                                                                                                       |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $D_{cal(0,80),O}$ | Demanda energética de calefacción del edificio objeto para 0,80 ren/hora                              |
| $D_{ref(0,80),O}$ | Demanda energética de refrigeración del edificio objeto para 0,80 ren/h                               |
| $D_{G(0,80),O}$   | Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio objeto para 0,80 ren/h        |
| $D_{cal(0,80),R}$ | Demanda energética de calefacción del edificio de referencia para 0,80 ren/hora                       |
| $D_{ref(0,80),R}$ | Demanda energética de refrigeración del edificio de referencia para 0,80 ren/h                        |
| $D_{G(0,80),R}$   | Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio de referencia para 0,80 ren/h |

|              |                                                                          |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------|
| $C_{ep}$     | Consumo de energía primaria no renovable del edificio objeto             |
| $C_{ep,B-C}$ | Valor máximo de consumo de energía primaria no renovable para la clase B |

\*La demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración se obtiene como suma ponderada de la demanda energética de calefacción (Dcal) y la demanda energética de refrigeración (Dref). La expresión que permite obtener la demanda energética conjunta para edificios situados en territorio peninsular es  $DG = Dcal + 0,70 \cdot Dref$  mientras que en territorio extrapeninsular es  $DG = Dcal + 0,85 \cdot Dref$ .

\*\*Esta aplicación únicamente permite, para el caso expuesto, la comprobación de las exigencias del apartado 2.2.1.1.2 de la sección DB-HE1. Se recuerda que otras exigencias de la sección DB-HE1 que resulten de aplicación deben asimismo verificarse, así como el resto de las secciones del DB-HE

El técnico verificador abajo firmante certifica que ha realizado la verificación del edificio o de la parte que se verifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Firma del técnico verificador

### **Anexo I.**      *Descripción de las características energéticas del edificio.*

Registro del Organo Territorial Competente:

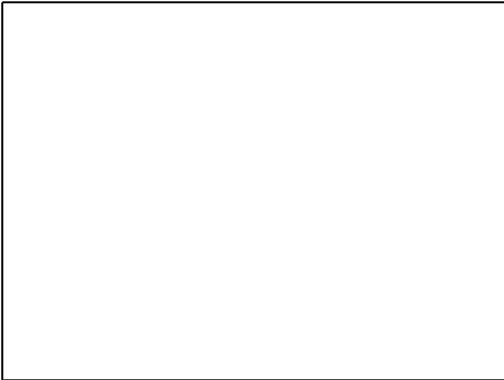
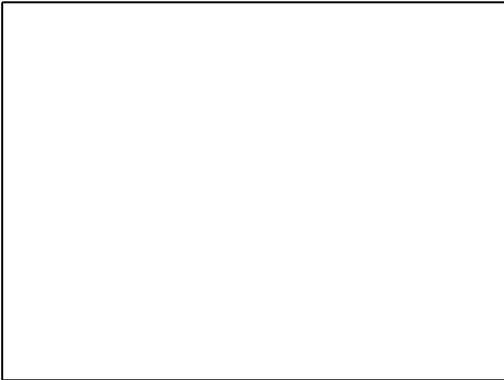
# ANEXO I

## DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio

### 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| Superficie habitable (m²) | 4760,52 |
|---------------------------|---------|

| Imagen del edificio                                                               |  | Plano de situación                                                                 |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  |  |  |

### 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

#### Cerramientos opacos

| Nombre        | Tipo    | Superficie (m²) | Transmitancia (W/m²K) | Modo de obtención |
|---------------|---------|-----------------|-----------------------|-------------------|
| Muro_Ext      | Fachada | 218,33          | 0,73                  | Usuario           |
| Muro_Ext      | Fachada | 37,30           | 0,73                  | Usuario           |
| Muro_Ext      | Fachada | 537,65          | 0,73                  | Usuario           |
| Muro_Ext      | Fachada | 257,01          | 0,73                  | Usuario           |
| Techo_Ext     | Fachada | 1223,51         | 0,41                  | Usuario           |
| Suelo_Terreno | Suelo   | 1270,82         | 0,49                  | Usuario           |

#### Huecos y lucernarios

| Nombre           | Tipo  | Superficie (m²) | Transmitancia (W/m²K) | Factor Solar | Modo de obtención transmitancia | Modo de obtención factor solar |
|------------------|-------|-----------------|-----------------------|--------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Ventana_Oeste    | Hueco | 192,50          | 3,14                  | 0,63         | Usuario                         | Usuario                        |
| Ventanas_Sur     | Hueco | 283,10          | 1,80                  | 0,45         | Usuario                         | Usuario                        |
| Ventanas_Sur     | Hueco | 184,36          | 1,80                  | 0,45         | Usuario                         | Usuario                        |
| Ventanas_Sur     | Hueco | 49,10           | 1,80                  | 0,45         | Usuario                         | Usuario                        |
| Ventanas_Sur     | Hueco | 225,78          | 1,80                  | 0,45         | Usuario                         | Usuario                        |
| Puerta_Garaje    | Hueco | 10,00           | 3,30                  | 0,79         | Usuario                         | Usuario                        |
| Puerta_Seguridad | Hueco | 2,00            | 3,30                  | 0,79         | Usuario                         | Usuario                        |
| Puerta_Entrada   | Hueco | 2,00            | 3,30                  | 0,79         | Usuario                         | Usuario                        |

### 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

#### Generadores de calefacción

| Nombre | Tipo | Potencia nominal (kW) | Rendimiento Estacional (%) | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|--------|------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
|--------|------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|

**Generadores de calefacción**

|          |                                      |        |        |                       |         |
|----------|--------------------------------------|--------|--------|-----------------------|---------|
| VRV_Suma | Unidad exterior en expansión directa | 466,00 | 195,00 | ElectricidadPenínsula | Usuario |
|----------|--------------------------------------|--------|--------|-----------------------|---------|

**Generadores de refrigeración**

| Nombre   | Tipo                                 | Potencia Nominal (kW) | Rendimiento Estacional (%) | Tipo energía          | Modo de obtención |
|----------|--------------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------|
| VRV_Suma | Unidad exterior en expansión directa | 466,00                | 277,00                     | ElectricidadPenínsula | Usuario           |

**4. INSTALACIÓN DE ILUMINACION**

| Nombre del espacio | Potencia instalada (W/m²) | VEEI (W/m²100lux) | Iluminancia media (lux) |
|--------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|
| P01_E01            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E02            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E03            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E04            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E05            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E06            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E07            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P01_E08            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P01_E09            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P01_E10            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E11            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E12            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P01_E13            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P01_E14            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E15            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P01_E16            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P01_E17            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E18            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E19            | 4,40                      | 7,00              | 0,00                    |
| P01_E20            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E21            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E01            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E02            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E03            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E04            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E05            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E06            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E07            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P02_E08            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E09            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E10            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P02_E11            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P02_E12            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E13            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P02_E14            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P02_E15            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E16            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E17            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E18            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E19            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |

#### 4. INSTALACIÓN DE ILUMINACION

| Nombre del espacio | Potencia instalada (W/m²) | VEEI (W/m²100lux) | Iluminancia media (lux) |
|--------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|
| P02_E20            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E21            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E22            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E23            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E24            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P03_E01            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P03_E02            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P03_E03            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P03_E04            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P03_E05            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P03_E06            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P03_E07            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P03_E08            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P03_E09            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P03_E10            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P03_E11            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P03_E12            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P03_E13            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P03_E14            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P03_E15            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P03_E16            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P03_E17            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P03_E18            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P03_E19            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P03_E20            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P03_E21            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P03_E22            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P03_E23            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P03_E24            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |

#### 5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN

| Espacio | Superficie (m²) | Perfil de uso          |
|---------|-----------------|------------------------|
| P01_E01 | 41,53           | noresidencial-12h-alta |
| P01_E02 | 28,55           | noresidencial-12h-alta |
| P01_E03 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P01_E04 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P01_E05 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P01_E06 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P01_E07 | 28,73           | noresidencial-8h-baja  |
| P01_E08 | 13,45           | noresidencial-8h-baja  |
| P01_E09 | 41,95           | noresidencial-8h-baja  |
| P01_E10 | 28,36           | noresidencial-12h-alta |
| P01_E11 | 5,64            | noresidencial-12h-alta |
| P01_E12 | 6,19            | noresidencial-8h-baja  |
| P01_E13 | 11,55           | noresidencial-8h-baja  |
| P01_E14 | 36,68           | noresidencial-12h-alta |
| P01_E15 | 9,08            | noresidencial-8h-baja  |
| P01_E16 | 16,60           | noresidencial-8h-baja  |

## 5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN

| Espacio | Superficie (m²) | Perfil de uso          |
|---------|-----------------|------------------------|
| P01_E17 | 70,85           | noresidencial-12h-alta |
| P01_E18 | 255,68          | noresidencial-12h-alta |
| P01_E19 | 180,82          | perfildeusuario        |
| P01_E20 | 321,29          | noresidencial-12h-alta |
| P01_E21 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E01 | 83,06           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E02 | 69,55           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E03 | 69,55           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E04 | 69,55           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E05 | 69,55           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E06 | 69,55           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E07 | 83,90           | noresidencial-8h-baja  |
| P02_E08 | 56,73           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E09 | 11,27           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E10 | 12,37           | noresidencial-8h-baja  |
| P02_E11 | 23,10           | noresidencial-8h-baja  |
| P02_E12 | 73,37           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E13 | 18,15           | noresidencial-8h-baja  |
| P02_E14 | 33,20           | noresidencial-8h-baja  |
| P02_E15 | 141,69          | noresidencial-12h-alta |
| P02_E16 | 680,99          | noresidencial-12h-alta |
| P02_E17 | 69,55           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E18 | 71,87           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E19 | 228,63          | noresidencial-12h-alta |
| P02_E20 | 37,35           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E21 | 62,78           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E22 | 78,18           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E23 | 52,22           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E24 | 280,82          | noresidencial-12h-alta |
| P03_E01 | 41,53           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E02 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E03 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E04 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E05 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E06 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E07 | 41,95           | noresidencial-8h-baja  |
| P03_E08 | 28,36           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E09 | 5,64            | noresidencial-12h-alta |
| P03_E10 | 6,19            | noresidencial-8h-baja  |
| P03_E11 | 11,55           | noresidencial-8h-baja  |
| P03_E12 | 36,68           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E13 | 9,08            | noresidencial-8h-baja  |
| P03_E14 | 16,60           | noresidencial-8h-baja  |
| P03_E15 | 70,85           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E16 | 340,50          | noresidencial-12h-alta |
| P03_E17 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E18 | 35,94           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E19 | 114,32          | noresidencial-12h-alta |
| P03_E20 | 18,68           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E21 | 31,39           | noresidencial-12h-alta |

## 5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN

| Espacio | Superficie (m²) | Perfil de uso          |
|---------|-----------------|------------------------|
| P03_E22 | 39,09           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E23 | 26,11           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E24 | 140,41          | noresidencial-12h-alta |

# CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

## IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

|                                                   |                            |                    |               |
|---------------------------------------------------|----------------------------|--------------------|---------------|
| Nombre del edificio                               | Nombre del Proyecto        |                    |               |
| Dirección                                         | C/ - - - - -               |                    |               |
| Municipio                                         | Jaén                       | Código Postal      | Código Postal |
| Provincia                                         | Jaén                       | Comunidad Autónoma | Andalucía     |
| Zona climática                                    | C4                         | Año construcción   | -             |
| Normativa vigente (construcción / rehabilitación) | - Seleccione de la lista - |                    |               |
| Referencia/s catastral/es                         | ninguno                    |                    |               |

## Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

|                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción                                                                                                                                       | <input type="checkbox"/> Edificio Existente                                                                                              |
| <input type="checkbox"/> Vivienda<br><input type="checkbox"/> Unifamiliar<br><input type="checkbox"/> Bloque<br><input type="checkbox"/> Bloque completo<br><input type="checkbox"/> Vivienda individual | <input checked="" type="checkbox"/> Terciario<br><input checked="" type="checkbox"/> Edificio completo<br><input type="checkbox"/> Local |

## DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

|                                                                          |                                                             |                    |                            |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------|
| Nombre y Apellidos                                                       | Nombres Apellido1 Apellido2                                 | NIF/NIE            | CIF                        |
| Razón social                                                             | Razón Social                                                | NIF                | -                          |
| Domicilio                                                                | Nombre calle - - - - -                                      |                    |                            |
| Municipio                                                                | Localidad                                                   | Código Postal      | Código postal              |
| Provincia                                                                | - Seleccione de la lista -                                  | Comunidad Autónoma | - Seleccione de la lista - |
| e-mail:                                                                  | -                                                           | Teléfono           | -                          |
| Titulación habilitante según normativa vigente                           | -                                                           |                    |                            |
| Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión: | HU CTE-HE y CEE Versión 0.9.1377.1014, de fecha 29-jul-2015 |                    |                            |

## CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

| CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m²·año)                                                                                                                                                              | EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO2/m²·año)                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div> <div>&lt;72.51 A</div> <div>72.51-117. B</div> <div>117.83-181.2 C</div> <div>181.28-235.67 D</div> <div>235.67-290.05 E</div> <div>290.05-362.56 F</div> <div>=&gt;362.56 G</div> </div> <div>85,19 B</div> | <div> <div>&lt;13.21 A</div> <div>13.21-21.4 B</div> <div>21.46-33.02 C</div> <div>33.02-42.92 D</div> <div>42.92-52.83 E</div> <div>52.83-66.03 F</div> <div>=&gt;66.03 G</div> </div> <div>13,41 B</div> |

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: \_\_/\_\_/\_\_

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.  
**Anexo II.** Calificación energética del edificio.  
**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.  
**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organismo Territorial Competente:



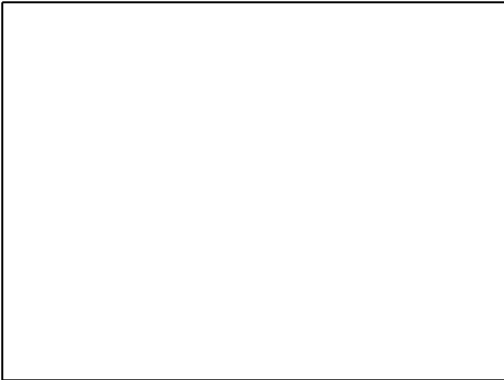
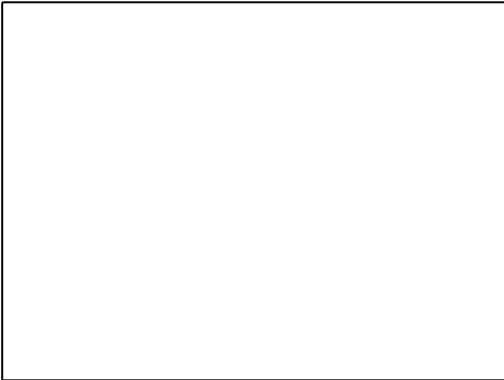
# ANEXO I

## DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

### 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| Superficie habitable (m²) | 4760,52 |
|---------------------------|---------|

| Imagen del edificio                                                               |  | Plano de situación                                                                 |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  |  |  |

### 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

#### Cerramientos opacos

| Nombre        | Tipo    | Superficie (m²) | Transmitancia (W/m²K) | Modo de obtención |
|---------------|---------|-----------------|-----------------------|-------------------|
| Muro_Ext      | Fachada | 218,33          | 0,73                  | Usuario           |
| Muro_Ext      | Fachada | 37,30           | 0,73                  | Usuario           |
| Muro_Ext      | Fachada | 537,65          | 0,73                  | Usuario           |
| Muro_Ext      | Fachada | 257,01          | 0,73                  | Usuario           |
| Techo_Ext     | Fachada | 1223,51         | 0,41                  | Usuario           |
| Suelo_Terreno | Suelo   | 1270,82         | 0,49                  | Usuario           |

#### Huecos y lucernarios

| Nombre           | Tipo  | Superficie (m²) | Transmitancia (W/m²K) | Factor Solar | Modo de obtención transmitancia | Modo de obtención factor solar |
|------------------|-------|-----------------|-----------------------|--------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Ventana_Oeste    | Hueco | 192,50          | 3,14                  | 0,63         | Usuario                         | Usuario                        |
| Ventanas_Sur     | Hueco | 283,10          | 1,80                  | 0,45         | Usuario                         | Usuario                        |
| Ventanas_Sur     | Hueco | 184,36          | 1,80                  | 0,45         | Usuario                         | Usuario                        |
| Ventanas_Sur     | Hueco | 49,10           | 1,80                  | 0,45         | Usuario                         | Usuario                        |
| Ventanas_Sur     | Hueco | 225,78          | 1,80                  | 0,45         | Usuario                         | Usuario                        |
| Puerta_Garaje    | Hueco | 10,00           | 3,30                  | 0,79         | Usuario                         | Usuario                        |
| Puerta_Seguridad | Hueco | 2,00            | 3,30                  | 0,79         | Usuario                         | Usuario                        |
| Puerta_Entrada   | Hueco | 2,00            | 3,30                  | 0,79         | Usuario                         | Usuario                        |

### 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

#### Generadores de calefacción

| Nombre | Tipo | Potencia nominal (kW) | Rendimiento Estacional (%) | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|--------|------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
|--------|------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|

#### Generadores de calefacción

|                |                                      |               |        |                        |         |
|----------------|--------------------------------------|---------------|--------|------------------------|---------|
| VRV_Suma       | Unidad exterior en expansión directa | 466,00        | 195,00 | ElectricidadPeninsular | Usuario |
| <b>TOTALES</b> |                                      | <b>466,00</b> |        |                        |         |

#### Generadores de refrigeración

| Nombre         | Tipo                                 | Potencia nominal (kW) | Rendimiento Estacional (%) | Tipo de Energía        | Modo de obtención |
|----------------|--------------------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|
| VRV_Suma       | Unidad exterior en expansión directa | 466,00                | 277,00                     | ElectricidadPeninsular | Usuario           |
| <b>TOTALES</b> |                                      | <b>466,00</b>         |                            |                        |                   |

#### 4. INSTALACIÓN DE ILUMINACION

| Nombre del espacio | Potencia instalada (W/m²) | VEEI (W/m²100lux) | Iluminancia media (lux) |
|--------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|
| P01_E01            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E02            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E03            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E04            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E05            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E06            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E07            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P01_E08            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P01_E09            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P01_E10            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E11            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E12            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P01_E13            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P01_E14            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E15            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P01_E16            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P01_E17            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E18            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E19            | 4,40                      | 7,00              | 0,00                    |
| P01_E20            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P01_E21            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E01            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E02            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E03            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E04            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E05            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E06            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E07            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P02_E08            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E09            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E10            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P02_E11            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P02_E12            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E13            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P02_E14            | 4,40                      | 7,00              | 21,43                   |
| P02_E15            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E16            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |
| P02_E17            | 4,40                      | 7,00              | 107,14                  |

#### 4. INSTALACIÓN DE ILUMINACION

|                |              |      |        |
|----------------|--------------|------|--------|
| P02_E18        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P02_E19        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P02_E20        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P02_E21        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P02_E22        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P02_E23        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P02_E24        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P03_E01        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P03_E02        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P03_E03        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P03_E04        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P03_E05        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P03_E06        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P03_E07        | 4,40         | 7,00 | 21,43  |
| P03_E08        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P03_E09        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P03_E10        | 4,40         | 7,00 | 21,43  |
| P03_E11        | 4,40         | 7,00 | 21,43  |
| P03_E12        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P03_E13        | 4,40         | 7,00 | 21,43  |
| P03_E14        | 4,40         | 7,00 | 21,43  |
| P03_E15        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P03_E16        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P03_E17        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P03_E18        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P03_E19        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P03_E20        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P03_E21        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P03_E22        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P03_E23        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| P03_E24        | 4,40         | 7,00 | 107,14 |
| <b>TOTALES</b> | <b>303,6</b> |      |        |

#### 5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN

| Espacio | Superficie (m²) | Perfil de uso          |
|---------|-----------------|------------------------|
| P01_E01 | 41,53           | noresidencial-12h-alta |
| P01_E02 | 28,55           | noresidencial-12h-alta |
| P01_E03 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P01_E04 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P01_E05 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P01_E06 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P01_E07 | 28,73           | noresidencial-8h-baja  |
| P01_E08 | 13,45           | noresidencial-8h-baja  |
| P01_E09 | 41,95           | noresidencial-8h-baja  |
| P01_E10 | 28,36           | noresidencial-12h-alta |
| P01_E11 | 5,64            | noresidencial-12h-alta |
| P01_E12 | 6,19            | noresidencial-8h-baja  |
| P01_E13 | 11,55           | noresidencial-8h-baja  |
| P01_E14 | 36,68           | noresidencial-12h-alta |
| P01_E15 | 9,08            | noresidencial-8h-baja  |
| P01_E16 | 16,60           | noresidencial-8h-baja  |

## 5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN

| Espacio | Superficie (m²) | Perfil de uso          |
|---------|-----------------|------------------------|
| P01_E17 | 70,85           | noresidencial-12h-alta |
| P01_E18 | 255,68          | noresidencial-12h-alta |
| P01_E19 | 180,82          | perfildeusuario        |
| P01_E20 | 321,29          | noresidencial-12h-alta |
| P01_E21 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E01 | 83,06           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E02 | 69,55           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E03 | 69,55           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E04 | 69,55           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E05 | 69,55           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E06 | 69,55           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E07 | 83,90           | noresidencial-8h-baja  |
| P02_E08 | 56,73           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E09 | 11,27           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E10 | 12,37           | noresidencial-8h-baja  |
| P02_E11 | 23,10           | noresidencial-8h-baja  |
| P02_E12 | 73,37           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E13 | 18,15           | noresidencial-8h-baja  |
| P02_E14 | 33,20           | noresidencial-8h-baja  |
| P02_E15 | 141,69          | noresidencial-12h-alta |
| P02_E16 | 680,99          | noresidencial-12h-alta |
| P02_E17 | 69,55           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E18 | 71,87           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E19 | 228,63          | noresidencial-12h-alta |
| P02_E20 | 37,35           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E21 | 62,78           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E22 | 78,18           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E23 | 52,22           | noresidencial-12h-alta |
| P02_E24 | 280,82          | noresidencial-12h-alta |
| P03_E01 | 41,53           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E02 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E03 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E04 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E05 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E06 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E07 | 41,95           | noresidencial-8h-baja  |
| P03_E08 | 28,36           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E09 | 5,64            | noresidencial-12h-alta |
| P03_E10 | 6,19            | noresidencial-8h-baja  |
| P03_E11 | 11,55           | noresidencial-8h-baja  |
| P03_E12 | 36,68           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E13 | 9,08            | noresidencial-8h-baja  |
| P03_E14 | 16,60           | noresidencial-8h-baja  |
| P03_E15 | 70,85           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E16 | 340,50          | noresidencial-12h-alta |
| P03_E17 | 34,78           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E18 | 35,94           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E19 | 114,32          | noresidencial-12h-alta |
| P03_E20 | 18,68           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E21 | 31,39           | noresidencial-12h-alta |

## 5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN

| Espacio | Superficie (m²) | Perfil de uso          |
|---------|-----------------|------------------------|
| P03_E22 | 39,09           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E23 | 26,11           | noresidencial-12h-alta |
| P03_E24 | 140,41          | noresidencial-12h-alta |

## 6. ENERGÍAS RENOVABLES

### Térmica

| Nombre                | Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%) |               |          | Demanda de ACS cubierta (%) |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------|----------|-----------------------------|
|                       | Calefacción                                                             | Refrigeración | ACS      |                             |
| Sistema solar térmico | -                                                                       | -             | -        | 0,00                        |
| <b>TOTALES</b>        | <b>0</b>                                                                | <b>0</b>      | <b>0</b> | <b>0</b>                    |

### Eléctrica

| Nombre             | Energía eléctrica generada y autoconsumida (kWh/año) |
|--------------------|------------------------------------------------------|
| Panel fotovoltaico | 0                                                    |
| <b>TOTALES</b>     | <b>0</b>                                             |

## ANEXO II

### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

|                |    |     |                                |
|----------------|----|-----|--------------------------------|
| Zona climática | C4 | Uso | CertificacionVerificacionNuevo |
|----------------|----|-----|--------------------------------|

#### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

| INDICADOR GLOBAL                                                                                                                                                                |                    | INDICADORES PARCIALES                                                   |                                                                 |                                                       |                                                               |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---|
| <div><div>&lt;13.21 A</div><div>13.21-21.4 B</div><div>21.46-33.02 C</div><div>33.02-42.92 D</div><div>42.92-52.83 E</div><div>52.83-66.03 F</div><div>=&gt;66.03 G</div></div> | <div>13,41 B</div> | CALEFACCIÓN                                                             |                                                                 | ACS                                                   |                                                               |   |
|                                                                                                                                                                                 |                    | Emisiones calefacción (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)           | A                                                               | Emisiones ACS (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) | B                                                             |   |
|                                                                                                                                                                                 |                    | 3,89                                                                    |                                                                 | 0,28                                                  |                                                               |   |
|                                                                                                                                                                                 |                    | REFRIGERACIÓN                                                           |                                                                 | ILUMINACIÓN                                           |                                                               |   |
|                                                                                                                                                                                 |                    | Emisiones globales (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup> | Emisiones refrigeración (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) | B                                                     | Emisiones iluminación (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) | C |
|                                                                                                                                                                                 |                    |                                                                         | 4,44                                                            |                                                       | 4,79                                                          |   |

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

|                                                    | kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .año | kgCO <sub>2</sub> /año |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------|
| Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico    | 7,38                                   | 35127,26               |
| Emisiones CO <sub>2</sub> por combustibles fósiles | 18,79                                  | 89445,93               |

#### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

| INDICADOR GLOBAL                                                                                                                                                                      |                    | INDICADORES PARCIALES                                   |   |                                                       |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------|---|
| <div><div>&lt;72.51 A</div><div>72.51-117. B</div><div>117.83-181. C</div><div>181.28-235.6 D</div><div>235.67-290.05 E</div><div>290.05-362.56 F</div><div>=&gt;362.56 G</div></div> | <div>85,19 B</div> | CALEFACCIÓN                                             |   | ACS                                                   |   |
|                                                                                                                                                                                       |                    | Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año)   | A | Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año)         | B |
|                                                                                                                                                                                       |                    | 22,99                                                   |   | 1,67                                                  |   |
|                                                                                                                                                                                       |                    | REFRIGERACIÓN                                           |   | ILUMINACIÓN                                           |   |
|                                                                                                                                                                                       |                    | Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año) | B | Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año) | C |
|                                                                                                                                                                                       |                    | 26,23                                                   |   | 34,30                                                 |   |
| Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año) <sup>1</sup>                                                                                                              |                    |                                                         |   |                                                       |   |

#### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

| DEMANDA DE CALEFACCIÓN                                                                                                                                                         |                    | DEMANDA DE REFRIGERACIÓN                                                                                                                                                          |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| <div><div>&lt;9.07 A</div><div>9.07-14.75 B</div><div>14.75-22.69 C</div><div>22.69-29.49 D</div><div>29.49-36.30 E</div><div>36.30-45.37 F</div><div>=&gt;45.37 G</div></div> | <div>22,94 D</div> | <div><div>&lt;21.75 A</div><div>21.75-35.3 B</div><div>35.34-54.36 C</div><div>54.36-70.67 D</div><div>70.67-86.98 E</div><div>86.98-108.73 F</div><div>=&gt;108.73 G</div></div> | <div>37,23 C</div> |
| Demanda de calefacción<br>(kWh/m²año)                                                                                                                                          |                    | Demanda de refrigeración<br>(kWh/m²año)                                                                                                                                           |                    |

<sup>1</sup>El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

## ANEXO IV

### PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

|                                                            |          |
|------------------------------------------------------------|----------|
| Fecha de realización de la visita del técnico certificador | 03/10/15 |
|------------------------------------------------------------|----------|