



---

**Universidad de Valladolid**

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA Y FLUIDOMECÁNICA

TESIS DOCTORAL:

**ESTUDIO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN  
EDIFICIOS MUNICIPALES COMPARANDO  
HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN  
CON MEDIDAS EXPERIMENTALES**

Presentada por DANIEL QUESADA SÁNCHEZ para optar al  
grado de doctor por la Universidad de Valladolid

Dirigida por:  
Francisco Javier Rey Martínez  
Eloy Velasco Gómez



# ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	I
RESUMEN .....	III
MEMORIA .....	V
LISTADO DE FIGURAS .....	XVIII
LISTADO DE TABLAS .....	XXVIII



# AGRADECIMIENTOS

Fue una gran suerte para mí encontrarme con mis tutores de tesis, F. Javier Rey y Eloy Velasco, sin lugar a dudas gracias a ellos he podido concluir este trabajo que empezamos hace ya unos cuantos años, sin su apoyo, dedicación y profesionalidad no hubiese sido posible, sus indicaciones e interés han sido indispensables para hacerme ver la materia en la que versa este trabajo con la misma pasión que lo hacen ellos.

Agradecer también al Excmo. Ayuntamiento de Almería la disponibilidad total de información, proporcionándome los datos necesarios para poder desarrollar esta tesis, toda la documentación de los edificios ha sido fundamental.

Mi gran apoyo para seguir adelante, mi esposa María Vázquez y mis tres hijos Daniel, Carlota y Blanca, son los que han tenido que empujarme cada vez que el camino se ponía cuesta arriba, ellos son el principal motor de mí vida y a los que les debo todo el tiempo empleado en hacer esta tesis.

Por último, aunque no menos importante, el apoyo recibido por mi hermano Francisco, es para mí un referente en todos los ámbitos de la vida, sin él, el concepto de Ingeniería Industrial tendría un significado totalmente distinto. Como no, gracias a mis padres he llegado hasta aquí, ellos son los que me han ido mostrando el camino siendo la piedra angular de todo lo que he sido capaz de conseguir.

A todos ellos les dedico esta tesis.



II

# RESUMEN

Debido a la importancia de lo relativo a la eficiencia energética a nivel global, se están desarrollando en la actualidad en Europa, y por lo tanto en España, políticas tendentes a la reducción de producción de gases de efecto invernadero así como a la optimización de los consumos energéticos. Consecuencia directa de esto es la gran cantidad de normativa que se ha generado en los últimos años así como su continua actualización pretendiéndose con esto alcanzar los objetivos fijados de reducción de consumo.

Conocida la importancia de la normativa que afecta directamente al estado energético en el campo de la edificación se pretende establecer el estado del arte de la eficiencia energética en edificios ubicados en Europa y España, trasladándolo a nivel local al municipio de Almería donde el Excmo. Ayuntamiento dispone de varios edificios de diferentes tipologías.

Para ello es necesario describir el marco normativo actual que afecta directamente a las condiciones energéticas de los edificios, así como caracterizar las herramientas de análisis energético en edificios como son las auditorías energéticas y la certificación energética.

Se pretende realizar un enfoque bajo criterios de investigación y desarrollo utilizando para el análisis energético herramientas de simulación de reconocido prestigio internacional como es Energy Plus, con la que se consigue describir los aspectos de la eficiencia energética en la epidermis edificatoria y las tecnologías de climatización, así como los índices energéticos a utilizar.

Para abarcar un espectro más amplio se han elegido tres tipologías edificatorias existentes de edificios del Excmo. Ayuntamiento de Almería con usos distintos como son el Mercado central de uso comercial, una Escuela Educación Infantil de uso docente y un Centro de Servicios sociales de uso administrativo.

A través del análisis y estudio energético, así como los datos obtenidos de su optimización energética, se obtienen una serie de conclusiones que permiten extrapolarlas a tipologías edificatorias de organismos locales a nivel nacional.

Mediante la tesis se llega a una serie de conclusiones tendentes a la sostenibilidad energética de los edificios que permite que su aplicación sea de gran importancia social, económica y medioambiental para el Excmo. Ayuntamiento de Almería.

# MEMORIA

<b>CAPÍTULO 1: ENERGÍA Y EDIFICACIÓN</b> .....	1
1.1.- LA ENERGÍA EN LA EDIFICACIÓN .....	2
1.1.1.- La Energía en el Sector Residencial .....	4
1.1.2.- La Energía en el Sector Servicios .....	9
1.2.- MARCO NORMATIVO .....	12
1.2.1.- Marco Normativo Europeo .....	12
1.2.2.- Marco Normativo Español .....	18
1.2.3.- Desarrollo normativo en España .....	20
1.2.4.- Código Técnico de la Edificación (CTE) .....	22
1.2.5.- Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) .....	25
1.2.6.- Real Decreto 235/2013 sobre procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de edificios .....	31
1.3.- LA EVOLUCIÓN EUROPEA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	38
1.4.- LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS .....	42
1.4.1.- Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de edificios .....	43
1.4.2.- Implicaciones de la Directiva para España .....	45
1.4.3.- Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020 .....	46
1.4.3.1.- Contenido del Plan .....	47
1.4.3.2.- Objetivos de ahorro .....	47
1.4.3.3.- El sector de la edificación en el plan .....	49
1.4.3.4.- Medidas de ahorro para el sector edificación .....	50
BIBLIOGRAFÍA .....	53

<b>CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS BASADAS EN MEDIDAS .....</b>	<b>57</b>
2.1.- CONCEPTOS GENERALES .....	58
2.2.- METODOLOGÍA .....	59
2.3.- SISTEMAS DE OBTENCIÓN DE DATOS .....	60
2.3.1.- Analizador de redes eléctricas .....	60
2.3.2.- Cámara termográfica .....	61
2.3.3.- Luxómetro .....	61
2.3.4.- Termohigrómetro .....	62
2.3.5.- Medidas de infiltraciones .....	62
2.3.6.- Anemómetro .....	62
2.3.7.- Analizador de gases de combustión .....	62
2.3.8.- Caudalímetro .....	63
2.3.9.- Software .....	63
2.4.- LA MONITORIZACIÓN ENERGÉTICA DINÁMICA .....	63
2.5.- EL PROYECTO EUROCLASS .....	64
2.6.- LAS AUDITORÍAS ENERGÉTICAS .....	65
2.6.1.- Concepto .....	65
2.6.2.- Etapas de las Auditorías Energéticas .....	66
2.6.3.- Tipos de Auditorías Energéticas .....	68
2.6.4.- Fundamentos generales de las Auditorías Energéticas .....	69
2.6.5.- Objetivos principales .....	78
BIBLIOGRAFÍA .....	81
<b>CAPÍTULO 3: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICOS .....</b>	<b>83</b>
3.1.- DEFINICIÓN GENERAL .....	84
3.2.- EFICIENCIA GLOBAL .....	84

3.2.1.- Indicadores de eficiencia energética .....	84
3.2.2.- Consideraciones y limitantes del índice de Intensidad Energética .....	85
3.3.- EFICIENCIA EN EDIFICIOS .....	90
3.4.- EFICIENCIA EN CLIMATIZACIÓN .....	93
3.4.1.- Nivel global .....	96
3.4.2.- Nivel de servicio .....	96
3.4.3.- Nivel de subsistema .....	97
3.4.4.- Nivel de equipos .....	100
BIBLIOGRAFÍA .....	106
<b>CAPÍTULO 4: SIMULACIÓN ENERGÉTICA. HERRAMIENTAS UTILIZADAS .....</b>	<b>108</b>
4.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES .....	109
4.2.- SISTEMAS DE SIMULACIÓN ENERGÉTICA DINÁMICA .....	109
4.3.- HERRAMIENTAS UTILIZADAS .....	112
4.4.- MODELADO DEL EDIFICIO .....	112
4.4.1.- Modelado Geométrico .....	113
4.4.2.- Modelado de envolvente térmica .....	116
4.4.3.- Modelado del uso de cada zona .....	118
4.4.4.- Modelado de las instalaciones de iluminación .....	120
4.4.5.- Modelado de las instalaciones térmicas .....	121
4.5.- VISUALIZACIÓN .....	125
4.6.- SIMULACIÓN ENERGÉTICA .....	127
BIBLIOGRAFÍA .....	137
<b>CAPÍTULO 5: ANÁLISIS Y ESTUDIO ENERGÉTICO DE EDIFICIOS MUNICIPALES ...</b>	<b>138</b>
5.1.- EDIFICIO CENTRO DE SERVICIOS SOCIALES “NUEVA ANDALUCÍA” .....	139

5.1.1.-Situación .....	139
5.1.2.- Descripción general y uso .....	139
5.1.3.- Distribución .....	141
5.1.4.- Materiales .....	144
5.1.5.- Ocupación .....	145
5.1.6.- Condiciones de diseño exteriores e interiores .....	147
5.1.7.- Consumos energéticos .....	150
5.1.7.1.- Consumos climatización .....	150
5.1.7.2.- Consumos iluminación .....	151
5.1.7.3.- Consumos equipos .....	152
5.1.7.4.- Consumos calderas .....	152
5.1.7.5.- Régimen de ocupación y usos .....	153
5.1.7.6.- Coste económico del consumo energético .....	153
5.1.8.- Representación del edificio en Design Builder .....	154
5.1.9.- Consumos energéticos reales del edificio .....	156
5.1.10.- Análisis de resultados obtenidos de la simulación energética del edificio mediante e+ .....	157
5.1.10.1.- Datos iniciales .....	157
5.1.10.2.- Resumen de datos del edificio .....	158
5.1.10.3.- Consumo total de energía .....	159
5.1.10.4.- Consumos por usos .....	160
5.1.10.5.- Consumos por área del edificio .....	162
5.1.10.6.- Consumo mensual de iluminación y equipos .....	162
5.1.10.7.- Consumo mensual de refrigeración y calefacción .....	163
5.1.10.8.- Producción de CO <sub>2</sub> .....	164
5.1.10.9.- Resumen de resultados obtenidos .....	166

5.1.11.- Propuestas de Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética .....	166
5.1.12.- Medida de Ahorro y Eficiencia Energética I .....	166
5.1.13.- Análisis de resultados obtenidos de la simulación energética del edificio mediante e+ según MAES I .....	168
5.1.13.1.- Consumo total de energía .....	168
5.1.13.2.- Consumos por usos .....	169
5.1.13.3.- Consumos por área del edificio .....	171
5.1.13.4.- Consumo mensual de iluminación y equipos .....	172
5.1.13.5.- Consumo mensual de refrigeración y calefacción .....	173
5.1.13.6.- Producción de CO <sub>2</sub> .....	173
5.1.13.7.- Resumen de resultados obtenidos .....	175
5.1.14.- Medida de Ahorro y Eficiencia Energética II .....	175
5.1.15.- Análisis de resultados obtenidos de la simulación energética del edificio mediante e+ según MAES II .....	176
5.1.15.1.- Consumo total de energía .....	176
5.1.15.2.- Consumos por usos .....	177
5.1.15.3.- Consumos por área del edificio .....	180
5.1.15.4.- Consumo mensual de iluminación y equipos .....	180
5.1.15.5.- Consumo mensual de refrigeración y calefacción .....	181
5.1.15.6.- Producción de CO <sub>2</sub> .....	182
5.1.15.7.- Resumen de resultados obtenidos .....	184
5.1.16.- Medida de Ahorro y Eficiencia Energética III .....	184
5.1.17.- Análisis de resultados obtenidos de la simulación energética del edificio mediante e+ según MAES III .....	185
5.1.17.1.- Consumo total de energía .....	185
5.1.17.2.- Consumos por usos .....	186
5.1.17.3.- Consumos por área del edificio .....	188

5.1.17.4.- Consumo mensual de iluminación y equipos .....	189
5.1.17.5.- Consumo mensual de refrigeración y calefacción .....	190
5.1.17.6.- Producción de CO <sub>2</sub> .....	190
5.1.17.7.- Resumen de resultados obtenidos .....	192
5.1.18.- Distribución de mejoras aplicadas .....	192
5.1.19.- Análisis de resultados obtenidos de la simulación energética del edificio mediante e+ según MAE I + MAE II .....	193
5.1.19.1.- Consumo total de energía .....	193
5.1.19.2.- Consumos por usos .....	194
5.1.19.3.- Consumos por área del edificio .....	197
5.1.19.4.- Consumo mensual de iluminación y equipos .....	197
5.1.19.5.- Consumo mensual de refrigeración y calefacción .....	198
5.1.19.6.- Producción de CO <sub>2</sub> .....	199
5.1.19.7.- Resumen de resultados obtenidos .....	201
5.1.20.- Análisis de resultados obtenidos de la simulación energética del edificio mediante e+ según MAE I + MAE II + MAE III .....	201
5.1.20.1.- Consumo total de energía .....	201
5.1.20.2.- Consumos por usos .....	202
5.1.20.3.- Consumos por área del edificio .....	204
5.1.20.4.- Consumo mensual de iluminación y equipos .....	205
5.1.20.5.- Consumo mensual de refrigeración y calefacción .....	206
5.1.20.6.- Producción de CO <sub>2</sub> .....	206
5.1.20.7.- Resumen de resultados obtenidos .....	208
5.1.21.- Análisis de resultados de simulaciones energéticas .....	208
5.1.21.1.- Análisis de Resultados .....	208
5.1.21.2.- Consumo energético total .....	208

5.1.21.3.- Consumo energético de calefacción .....	210
5.1.21.4.- Consumo energético de refrigeración .....	211
5.1.21.5.- Consumo energético de iluminación .....	212
5.1.21.6.- Consumo energético de equipos .....	212
5.1.21.7.- Producción total de CO <sub>2</sub> .....	213
5.2.- EDIFICIO ESCUELA MUNICIPAL INFANTIL “LOS ALMENDROS” .....	215
5.2.1.-Situación .....	215
5.2.2.- Descripción general y uso .....	215
5.2.3.- Distribución .....	220
5.2.4.- Materiales .....	222
5.2.5.- Ocupación .....	224
5.2.6.- Condiciones de diseño exteriores e interiores .....	225
5.2.7.- Consumos energéticos .....	228
5.2.7.1.- Consumos climatización .....	228
5.2.7.2.- Consumos iluminación .....	228
5.2.7.3.- Consumos equipos .....	229
5.2.7.4.- Consumo de Agua Caliente Sanitaria .....	230
5.2.7.5.- Régimen de ocupación y usos .....	230
5.2.7.6.- Coste económico del consumo energético .....	231
5.2.8.- Representación del edificio en Design Builder .....	232
5.2.9.- Consumos energéticos reales del edificio .....	236
5.2.10.- Análisis de resultados obtenidos de la simulación energética del edificio mediante e+ .....	236
5.2.10.1.- Datos iniciales .....	236
5.2.10.2.- Resumen de datos del edificio .....	237
5.2.10.3.- Consumo total de energía .....	238

5.2.10.4.- Consumos por usos .....	239
5.2.10.5.- Consumos por área del edificio .....	241
5.2.10.6.- Consumo mensual de iluminación y equipos .....	242
5.2.10.7.- Consumo mensual de refrigeración, calefacción y ACS .....	243
5.2.10.8.- Producción de CO <sub>2</sub> .....	243
5.2.10.9.- Resumen de resultados obtenidos .....	245
5.2.11.- Propuestas de Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética .....	245
5.2.12.- Medida de Ahorro y Eficiencia Energética I .....	245
5.2.13.- Análisis de resultados obtenidos de la simulación energética del edificio mediante e+ según MAES I .....	246
5.2.13.1.- Consumo total de energía .....	246
5.2.13.2.- Consumos por usos .....	247
5.2.13.3.- Consumos por área del edificio .....	250
5.2.13.4.- Consumo mensual de iluminación y equipos .....	250
5.2.13.5.- Consumo mensual de refrigeración, calefacción y ACS .....	251
5.2.13.6.- Producción de CO <sub>2</sub> .....	252
5.2.13.7.- Resumen de resultados obtenidos .....	254
5.2.14.- Medida de Ahorro y Eficiencia Energética II .....	254
5.2.15.- Análisis de resultados obtenidos de la simulación energética del edificio mediante e+ según MAES II .....	255
5.2.15.1.- Consumo total de energía .....	255
5.2.15.2.- Consumos por usos .....	256
5.2.15.3.- Consumos por área del edificio .....	259
5.2.15.4.- Consumo mensual de iluminación y equipos .....	260
5.2.15.5.- Consumo mensual de refrigeración, calefacción y ACS .....	260
5.2.15.6.- Producción de CO <sub>2</sub> .....	261

5.2.15.7.- Resumen de resultados obtenidos .....	263
5.2.16.- Medida de Ahorro y Eficiencia Energética III .....	263
5.2.17.- Situación de confort térmico .....	265
5.2.18.- Análisis de resultados obtenidos de la simulación energética del edificio mediante e+ según MAES III .....	266
5.2.18.1.- Consumo total de energía .....	266
5.2.18.2.- Consumos por usos .....	267
5.2.18.3.- Consumos por área del edificio .....	270
5.2.18.4.- Consumo mensual de iluminación y equipos .....	271
5.2.18.5.- Consumo mensual de refrigeración, calefacción y ACS .....	271
5.2.18.6.- Producción de CO <sub>2</sub> .....	272
5.2.18.7.- Resumen de resultados obtenidos .....	274
5.2.19.- Distribución de mejoras aplicadas .....	274
5.2.20.- Análisis de resultados obtenidos de la simulación energética del edificio mediante e+ según MAE I + MAE II .....	275
5.2.20.1.- Consumo total de energía .....	275
5.2.20.2.- Consumos por usos .....	276
5.2.20.3.- Consumos por área del edificio .....	279
5.2.20.4.- Consumo mensual de iluminación y equipos .....	280
5.2.20.5.- Consumo mensual de refrigeración, calefacción y ACS .....	280
5.2.20.6.- Producción de CO <sub>2</sub> .....	281
5.2.20.7.- Resumen de resultados obtenidos .....	283
5.2.21.- Análisis de resultados obtenidos de la simulación energética del edificio mediante e+ según MAE I + MAE II + MAE III .....	283
5.2.21.1.- Consumo total de energía .....	283
5.2.21.2.- Consumos por usos .....	284
5.2.21.3.- Consumos por área del edificio .....	287

5.2.21.4.- Consumo mensual de iluminación y equipos .....	287
5.2.21.5.- Consumo mensual de refrigeración, calefacción y ACS .....	288
5.2.21.6.- Producción de CO <sub>2</sub> .....	289
5.2.21.7.- Resumen de resultados obtenidos .....	291
5.2.22.- Análisis de resultados de simulaciones energéticas .....	291
5.2.22.1.- Análisis de Resultados .....	291
5.2.22.2.- Consumo energético total .....	291
5.2.22.3.- Consumo energético de calefacción .....	293
5.2.22.4.- Consumo energético de refrigeración .....	294
5.2.22.5.- Consumo energético de iluminación .....	295
5.2.22.6.- Consumo energético de equipos .....	295
5.2.22.7.- Producción total de CO <sub>2</sub> .....	296
5.3.- EDIFICIO MERCADO CENTRAL DE ALMERÍA .....	298
5.3.1.-Situación .....	298
5.3.2.- Descripción general y uso .....	298
5.3.3.- Distribución .....	303
5.3.4.- Materiales .....	305
5.3.5.- Ocupación .....	307
5.3.6.- Condiciones de diseño exteriores e interiores .....	307
5.3.7.- Consumos energéticos .....	311
5.3.7.1.- Consumos climatización .....	311
5.3.7.2.- Consumos iluminación .....	311
5.3.7.3.- Consumos equipos .....	312
5.3.7.4.- Consumo de Agua Caliente Sanitaria .....	312
5.3.7.5.- Régimen de ocupación y usos .....	313
5.3.7.6- Coste económico del consumo energético .....	314

5.3.8.- Representación del edificio en Design Builder .....	314
5.3.9.- Consumos energéticos reales del edificio .....	317
5.3.10.- Análisis de resultados obtenidos de la simulación energética del edificio mediante e+ .....	318
5.3.10.1.- Datos iniciales .....	318
5.3.10.2.- Resumen de datos del edificio .....	319
5.3.10.3.- Consumo total de energía .....	319
5.3.10.4.- Consumos por usos .....	320
5.3.10.5.- Consumos por área del edificio .....	322
5.3.10.6.- Consumo mensual de iluminación y equipos .....	323
5.3.10.7.- Consumo mensual de refrigeración, calefacción y ACS .....	324
5.3.10.8.- Producción de CO <sub>2</sub> .....	324
5.3.10.9.- Resumen de resultados obtenidos .....	326
5.3.11.- Propuestas de Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética .....	326
5.3.12.- Medida de Ahorro y Eficiencia Energética I .....	326
5.3.13.- Análisis de resultados obtenidos de la simulación energética del edificio mediante e+ según MAES I .....	327
5.3.13.1.- Consumo total de energía .....	327
5.3.13.2.- Consumos por usos .....	328
5.3.13.3.- Consumos por área del edificio .....	330
5.3.13.4.- Consumo mensual de iluminación y equipos .....	331
5.3.13.5.- Consumo mensual de refrigeración, calefacción y ACS .....	331
5.3.13.6.- Producción de CO <sub>2</sub> .....	332
5.3.13.7.- Resumen de resultados obtenidos .....	334
5.3.14.- Medida de Ahorro y Eficiencia Energética II .....	334
5.3.15.- Análisis de resultados obtenidos de la simulación energética del edificio mediante e+ según MAES II .....	335

5.3.15.1.- Consumo total de energía .....	335
5.3.15.2.- Consumos por usos .....	336
5.3.15.3.- Consumos por área del edificio .....	338
5.3.15.4.- Consumo mensual de iluminación y equipos .....	339
5.3.15.5.- Consumo mensual de refrigeración, calefacción y ACS .....	340
5.3.15.6.- Producción de CO <sub>2</sub> .....	340
5.3.15.7.- Resumen de resultados obtenidos .....	342
5.3.16.- Medida de Ahorro y Eficiencia Energética III .....	342
5.3.17.- Análisis de resultados obtenidos de la simulación energética del edificio mediante e+ según MAES III .....	346
5.3.17.1.- Consumo total de energía .....	346
5.3.17.2.- Consumos por usos .....	347
5.3.17.3.- Consumos por área del edificio .....	350
5.3.17.4.- Consumo mensual de iluminación y equipos .....	351
5.3.17.5.- Consumo mensual de refrigeración, calefacción y ACS .....	351
5.3.17.6.- Producción de CO <sub>2</sub> .....	352
5.3.17.7.- Resumen de resultados obtenidos .....	354
5.3.18.- Distribución de mejoras aplicadas .....	354
5.3.19.- Análisis de resultados obtenidos de la simulación energética del edificio mediante e+ según MAE I + MAE II .....	355
5.3.19.1.- Consumo total de energía .....	355
5.3.19.2.- Consumos por usos .....	356
5.3.19.3.- Consumos por área del edificio .....	359
5.3.19.4.- Consumo mensual de iluminación y equipos .....	360
5.3.19.5.- Consumo mensual de refrigeración, calefacción y ACS .....	360
5.3.19.6.- Producción de CO <sub>2</sub> .....	361

5.3.19.7.- Resumen de resultados obtenidos .....	363
5.3.20.- Análisis de resultados obtenidos de la simulación energética del edificio mediante e+ según MAE I + MAE II + MAE III .....	363
5.3.20.1.- Consumo total de energía .....	363
5.3.20.2.- Consumos por usos .....	364
5.3.20.3.- Consumos por área del edificio .....	367
5.3.20.4.- Consumo mensual de iluminación y equipos .....	367
5.3.20.5.- Consumo mensual de refrigeración, calefacción y ACS .....	368
5.3.20.6.- Producción de CO <sub>2</sub> .....	369
5.3.20.7.- Resumen de resultados obtenidos .....	371
5.3.21.- Análisis de resultados de simulaciones energéticas .....	371
5.3.21.1.- Análisis de Resultados .....	371
5.3.21.2.- Consumo energético total .....	371
5.3.21.3.- Consumo energético de calefacción .....	372
5.3.21.4.- Consumo energético de refrigeración .....	373
5.3.21.5.- Consumo energético de iluminación .....	374
5.3.21.6.- Consumo energético de equipos .....	375
5.3.21.7.- Producción total de CO <sub>2</sub> .....	376
<b>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES</b> .....	<b>378</b>
6.1.- CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DE LOS EDIFICIOS .....	380
6.2.- MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA APLICADAS .....	382
6.3.- APLICACIONES DE DESARROLLO .....	385
6.4.- TRABAJOS FUTUROS .....	386

# LISTADO DE FIGURAS

<b>CAPÍTULO 1: ENERGÍA Y EDIFICACIÓN .....</b>	<b>1</b>
Figura 1.1. Evolución del consumo de energía primaria por fuentes de energía..	3
Figura 1.2. Evolución de la estructura sectorial de la demanda de energía final..	4
Figura 1.3. Evolución del consumo de energía final por sectores .....	4
Figura 1.4. Consumo Energético unitario según tipo de vivienda .....	5
Figura 1.5. Consumo Energético unitario según tipo de vivienda .....	6
Figura 1.6. Principales indicadores del Sector Residencial .....	8
Figura 1.7. Intensidad Energética del Sector Residencial con corrección climática España y UE .....	8
Figura 1.8. Principales indicadores del Sector Servicios .....	9
Figura 1.9. Intensidad Energética del Sector Servicios en España y UE .....	10
Figura 1.10. Representatividad del consumo eléctrico del Sector Servicios en España y UE .....	10
Figura 1.11. Intensidad Eléctrica del Sector Servicios en España y UE .....	11
Figura 1.12. Previsión de Ahorro Energético en la UE .....	15
Figura 1.13. Etiqueta de Eficiencia Energética .....	38
Figura 1.14. Objetivos de ahorro para el año 2020 del Plan 2011-2020 .....	48
<b>CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS BASADAS EN MEDIDAS .....</b>	<b>57</b>
Figura 2.1. Diagrama de metodología para la realización de la Auditoría Energética .....	66
Figura 2.2. Diagrama metodología para la aplicación mejoras de ahorro energético .....	68
Figura 2.3. Criterios de clasificación de las Auditorías Energéticas .....	68
Figura 2.4. Requisitos de la norma 216.501:2009" Auditorías energéticas. Requisitos" .....	74

Figura 2.5. Ciclo del sistema gestión energética según la Norma UNE-EN ISO 50001 .....	77
Figura 2.6. Relación auditoría energética y sistema de gestión eficiencia energética .....	78
<b>CAPÍTULO 3: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS .....</b>	<b>83</b>
Figura 3.1. Evolución Intensidad primaria Energética en España y Europa .....	89
Figura 3.2. Evolución Intensidad final Energética en España y Europa .....	90
<b>CAPÍTULO 4: SIMULACIÓN ENERGÉTICA. HERRAMIENTAS UTILIZADAS .....</b>	<b>108</b>
Figura 4.1. Biblioteca de plantillas y componentes .....	113
Figura 4.2. Botones para la generación de la geometría .....	114
Figura 4.3. Diferentes tipos de bloques .....	114
Figura 4.4. División de un bloque en zonas .....	115
Figura 4.5. Geometría final del modelo .....	115
Figura 4.6. Definición de un cerramiento .....	116
Figura 4.7. Definición de una acristalamiento .....	117
Figura 4.8. Definición de salientes laterales .....	117
Figura 4.9. Definición de persianas venecianas .....	118
Figura 4.10. Pestaña de entrada de datos de uso .....	119
Figura 4.11. Pestaña de entrada de datos de iluminación .....	120
Figura 4.12. Pestaña de entrada de datos de instalaciones .....	122
Figura 4.13. Modelización detallada de instalaciones .....	124
Figura 4.14. Análisis de sombras interiores .....	125
Figura 4.15. Análisis de sombras exteriores .....	126
Figura 4.16. Visualización del modelo renderizado .....	126

Figura 4.17. Análisis de cargas .....	128
Figura 4.18. Temperatura y ganancias de calor .....	129
Figura 4.19. Temperatura y pérdidas de calor .....	130
Figura 4.20. Consumos de energía producidos por las instalaciones del edificio.	131
Figura 4.21. Consumo de CO <sub>2</sub> producido por las instalaciones del edificio .....	131
Figura 4.22. Ganancias internas .....	132
Figura 4.23. Condiciones de confort .....	133
Figura 4.24. Ganancias y pérdidas del edificio .....	134
Figura 4.25. Características de la ventilación .....	135
<b>CAPÍTULO 5: ANÁLISIS Y ESTUDIO ENERGÉTICO DE EDIFICIOS MUNICIPALES ....</b>	<b>138</b>
Figura 5.1.1. Localización del Centro de servicios sociales.....	139
Figura 5.1.2. Vestíbulo principal .....	140
Figura 5.1.3. Fachada .....	140
Figura 5.1.4. Fachada posterior .....	141
Figura 5.1.5. Planta baja .....	142
Figura 5.1.6. Planta alta .....	143
Figura 5.1.7. Condiciones de diseño exteriores .....	147
Figura 5.1.8. Condiciones de diseño para verano .....	148
Figura 5.1.9. Condiciones de diseño para invierno .....	149
Figura 5.1.10. Condiciones de diseño interiores para invierno .....	149
Figura 5.1.11. Condiciones de diseño interiores para verano .....	150
Figura 5.1.12. Representación del régimen de ocupación del edificio .....	153
Figura 5.1.13. Representación de volúmenes de fachada principal .....	154
Figura 5.1.14. Representación de volúmenes de fachada posterior .....	155
Figura 5.1.15. Alzado fachada principal .....	155

Figura 5.1.16. Alzado fachada posterior .....	156
Figura 5.1.17. Alzado fachada lateral .....	156
Figura 5.1.18. Distribución de consumo energético anual .....	159
Figura 5.1.19. Distribución de consumos energéticos por usos anual .....	161
Figura 5.1.20. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos .....	162
Figura 5.1.21. Distribución de producción de CO <sub>2</sub> anual .....	165
Figura 5.1.22. Alzado fachada posterior con sombreado .....	168
Figura 5.1.23. Distribución de consumo energético anual (MAE I) .....	169
Figura 5.1.24. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE I) .....	170
Figura 5.1.25. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE I) .....	171
Figura 5.1.26. Distribución de producción de CO <sub>2</sub> anual (MAE I) .....	174
Figura 5.1.27. Distribución de consumo energético anual (MAE II) .....	177
Figura 5.1.28. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE II) ....	178
Figura 5.1.29. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE II) .....	179
Figura 5.1.30. Distribución de producción de CO <sub>2</sub> anual (MAE II) .....	183
Figura 5.1.31. Distribución de consumo energético anual (MAE III) .....	186
Figura 5.1.32. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE III) ...	187
Figura 5.1.33. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE III) .....	188
Figura 5.1.34. Distribución de producción de CO <sub>2</sub> anual (MAE III) .....	191
Figura 5.1.35. Distribución de consumo energético anual (MAE I + MAE II) .....	194
Figura 5.1.36. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE I + MAE II) .....	195
Figura 5.1.37. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II) .....	196

Figura 5.1.38. Distribución de producción de CO <sub>2</sub> anual (MAE I + MAE II) .....	200
Figura 5.1.39. Distribución de consumo energético anual (MAE I + MAE II + MAE III) .....	202
Figura 5.1.40. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE I + MAE II + MAE III) .....	203
Figura 5.1.41. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II + MAE III) .....	204
Figura 5.1.42. Distribución de producción de CO <sub>2</sub> anual (MAE I + MAE II + MAE III) .....	207
Figura 5.1.43. Diagrama de barras comparativo del consumo energético total....	209
Figura 5.1.44. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de calefacción.....	210
Figura 5.1.45. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de refrigeración .....	211
Figura 5.1.46. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de iluminación .....	212
Figura 5.1.47. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de equipos .....	213
Figura 5.1.48. Diagrama de barras comparativo de la producción de CO <sub>2</sub> .....	214
Figura 5.2.1. Localización de la Escuela Infantil .....	215
Figura 5.2.2. Fachada lateral .....	216
Figura 5.2.3. Entrada principal .....	216
Figura 5.2.4. Fachada trasera I .....	217
Figura 5.2.5. Fachada trasera II .....	217
Figura 5.2.6. Aula 1 .....	218
Figura 5.2.7. Aula 2 .....	218
Figura 5.2.8. Aula 3 .....	219
Figura 5.2.9. Aula 4 .....	219
Figura 5.2.10. Aula 5 .....	220

Figura 5.2.11. Planta de distribución .....	221
Figura 5.2.12. Condiciones de diseño exteriores .....	225
Figura 5.2.13. Condiciones de diseño para verano .....	226
Figura 5.2.14. Condiciones de diseño para invierno .....	227
Figura 5.2.15. Condiciones de diseño interiores para invierno .....	227
Figura 5.2.16. Condiciones de diseño interiores para verano .....	228
Figura 5.2.17. Representación del régimen de ocupación del edificio .....	231
Figura 5.2.18. Representación de volúmenes de fachada principal .....	232
Figura 5.2.19. Representación de volúmenes de fachada posterior .....	233
Figura 5.2.20. Representación de volúmenes de fachada lateral I .....	233
Figura 5.2.21. Representación de volúmenes de fachada lateral II .....	234
Figura 5.2.22. Alzado fachada lateral .....	234
Figura 5.2.23. Alzado fachada posterior .....	235
Figura 5.2.24. Alzado fachada lateral .....	235
Figura 5.2.25. Distribución de consumo energético anual .....	239
Figura 5.2.26. Distribución de consumos energéticos por usos anual .....	240
Figura 5.2.27. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por USOS .....	241
Figura 5.2.28. Distribución de producción de CO <sub>2</sub> anual .....	244
Figura 5.2.29. Distribución de consumo energético anual (MAE I) .....	247
Figura 5.2.30. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE I) .....	248
Figura 5.2.31. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE I) .....	249
Figura 5.2.32. Distribución de producción de CO <sub>2</sub> anual (MAE I) .....	253
Figura 5.2.33. Alzado fachada posterior con sombreado .....	255
Figura 5.2.34. Distribución de consumo energético anual (MAE II) .....	256

Figura 5.2.35. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE II) ....	258
Figura 5.2.36. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE II) .....	259
Figura 5.2.37. Distribución de producción de CO <sub>2</sub> anual (MAE II) .....	262
Figura 5.2.38. Régimen de funcionamiento diario de ventilación (MAE III) .....	264
Figura 5.2.39. Gráfica de confort térmico en aula (MAE III) .....	266
Figura 5.2.40. Distribución de consumo energético anual (MAE III) .....	267
Figura 5.2.41. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE III) ...	269
Figura 5.2.42. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE III) .....	270
Figura 5.2.43. Distribución de producción de CO <sub>2</sub> anual (MAE III) .....	273
Figura 5.2.44. Distribución de consumo energético anual (MAE I + MAE II) .....	276
Figura 5.2.45. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE I + MAE II) .....	278
Figura 5.2.46. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II) .....	279
Figura 5.2.47. Distribución de producción de CO <sub>2</sub> anual (MAE I + MAE II) .....	282
Figura 5.2.48. Distribución de consumo energético anual (MAE I + MAE II + MAE III) .....	284
Figura 5.2.49. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE I + MAE II + MAE III) .....	285
Figura 5.2.50. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II + MAE III) .....	286
Figura 5.2.51. Distribución de producción de CO <sub>2</sub> anual (MAE I + MAE II + MAE III) .....	290
Figura 5.2.52. Diagrama de barras comparativo del consumo energético total ...	292
Figura 5.2.53. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de calefacción.....	293

Figura 5.2.54. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de refrigeración .....	294
Figura 5.2.55. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de iluminación .....	295
Figura 5.2.56. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de equipos .....	296
Figura 5.2.57. Diagrama de barras comparativo de la producción de CO <sub>2</sub> .....	297
Figura 5.3.1. Localización del Mercado Central .....	298
Figura 5.3.2. Fachada principal .....	299
Figura 5.3.3. Fachada lateral .....	299
Figura 5.3.4. Fachada principal .....	300
Figura 5.3.5. Fachada trasera .....	300
Figura 5.3.6. Fachada principal .....	301
Figura 5.3.7. Fachada lateral .....	301
Figura 5.3.8. Sala de venta I .....	302
Figura 5.3.9. Sala de venta II .....	302
Figura 5.3.10. Planta de distribución .....	304
Figura 5.3.11. Condiciones de diseño exteriores .....	308
Figura 5.3.12. Condiciones de diseño para verano .....	308
Figura 5.3.13. Condiciones de diseño para invierno .....	309
Figura 5.3.14. Condiciones de diseño interiores para invierno .....	310
Figura 5.3.15. Condiciones de diseño interiores para verano .....	310
Figura 5.3.16. Representación del régimen de ocupación del edificio .....	313
Figura 5.3.17. Representación de volúmenes de fachada principal .....	314
Figura 5.3.18. Representación de volúmenes de fachada posterior .....	315
Figura 5.3.19. Representación de volúmenes de fachada lateral I .....	315
Figura 5.3.20. Representación de volúmenes de fachada lateral II .....	316

Figura 5.3.21. Alzado fachada posterior .....	316
Figura 5.3.22. Alzado fachada lateral .....	317
Figura 5.3.23. Distribución de consumo energético anual .....	320
Figura 5.3.24. Distribución de consumos energéticos por usos anual .....	321
Figura 5.3.25. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos .....	322
Figura 5.3.26. Distribución de producción de CO <sub>2</sub> anual .....	325
Figura 5.3.27. Distribución de consumo energético anual (MAE I) .....	327
Figura 5.3.28. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE I) .....	329
Figura 5.3.29. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE I) .....	330
Figura 5.3.30. Distribución de producción de CO <sub>2</sub> anual (MAE I) .....	333
Figura 5.3.31. Distribución de consumo energético anual (MAE II) .....	336
Figura 5.3.32. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE II) ....	337
Figura 5.3.33. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE II) .....	338
Figura 5.3.34. Distribución de producción de CO <sub>2</sub> anual (MAE II) .....	341
Figura 5.3.35. Energía necesaria para ACS y ahorros mediante aporte solar (MAE III) .....	346
Figura 5.3.36. Distribución de consumo energético anual (MAE III) .....	347
Figura 5.3.37. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE III) ...	349
Figura 5.3.38. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE III) .....	350
Figura 5.3.39. Distribución de producción de CO <sub>2</sub> anual (MAE III) .....	354
Figura 5.3.40. Distribución de consumo energético anual (MAE I + MAE II) .....	356
Figura 5.3.41. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE I + MAE II) .....	358

Figura 5.3.42. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II) .....	359
Figura 5.3.43. Distribución de producción de CO <sub>2</sub> anual (MAE I + MAE II) .....	362
Figura 5.3.44. Distribución de consumo energético anual (MAE I + MAE II + MAE III) .....	364
Figura 5.3.45. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE I + MAE II + MAE III) .....	365
Figura 5.3.46. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II + MAE III) .....	366
Figura 5.3.47. Distribución de producción de CO <sub>2</sub> anual (MAE I + MAE II + MAE III) .....	370
Figura 5.3.48. Diagrama de barras comparativo del consumo energético total...	372
Figura 5.3.49. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de calefacción.....	373
Figura 5.3.50. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de refrigeración .....	374
Figura 5.3.51. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de iluminación .....	375
Figura 5.3.52. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de equipos .....	376
Figura 5.3.53. Diagrama de barras comparativo de la producción de CO <sub>2</sub> .....	377

# LISTADO DE TABLAS

<b>CAPÍTULO 1: ENERGÍA Y EDIFICACIÓN .....</b>	<b>1</b>
Tabla 1.1. Resumen de objetivos de ahorro del Plan 2011-2020 .....	93
Tabla 1.2. Previsión de ahorro energético por medidas según Plan 2011-2020 ...	95
<b>CAPÍTULO 3: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS .....</b>	<b>83</b>
Tabla 3.1. Parámetros de Intensidad Energética .....	92
Tabla 3.2. Clasificación de los sistemas de climatización .....	94
<b>CAPÍTULO 5: ANÁLISIS Y ESTUDIO ENERGÉTICO DE EDIFICIOS MUNICIPALES .....</b>	<b>138</b>
Tabla 5.1.1. Superficies por plantas .....	141
Tabla 5.1.2. Alturas .....	141
Tabla 5.1.3. Superficies planta baja .....	142
Tabla 5.1.4. Superficies planta alta .....	143
Tabla 5.1.5. Composición de la fachada por capas .....	144
Tabla 5.1.6. Composición de la cubierta por capas .....	144
Tabla 5.1.7. Composición de la solera por capas .....	144
Tabla 5.1.8. Composición del forjado entre pisos por capas .....	145
Tabla 5.1.9. Composición del tabicón por capas .....	145
Tabla 5.1.10. Composición de las ventanas .....	145
Tabla 5.1.11. Ocupación del edificio .....	146
Tabla 5.1.12. Potencia instalada iluminación interior .....	151
Tabla 5.1.13. Potencia instalada equipos .....	152
Tabla 5.1.14. Consumo energético real del edificio .....	157
Tabla 5.1.15. Datos proporcionados por e+ del edificio .....	157

Tabla 5.1.16. Datos por dependencias .....	158
Tabla 5.1.17. Consumo total de energía .....	159
Tabla 5.1.18. Distribución de consumos energéticos por usos .....	160
Tabla 5.1.19. Intensidad energética .....	162
Tabla 5.1.20. Consumo energético mensual de iluminación y equipos .....	163
Tabla 5.1.21. Consumo energético mensual de refrigeración y calefacción .....	164
Tabla 5.1.22. Producción mensual de CO <sub>2</sub> .....	165
Tabla 5.1.23. Composición de la fachada por capas según las mejoras propuestas .....	167
Tabla 5.1.24. Composición de la cubierta por capas según las mejoras propuestas .....	167
Tabla 5.1.25. Consumo total de energía (MAE I) .....	168
Tabla 5.1.26. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE I) .....	170
Tabla 5.1.27. Intensidad energética (MAE I) .....	172
Tabla 5.1.28. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE I) ....	172
Tabla 5.1.29. Consumo energético mensual de refrigeración y calefacción (MAE I) .....	173
Tabla 5.1.30. Producción mensual de CO <sub>2</sub> (MAE I) .....	174
Tabla 5.1.31. Potencia instalada iluminación interior según mejoras propuestas .	176
Tabla 5.1.32. Consumo total de energía (MAE II) .....	177
Tabla 5.1.33. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE II) .....	178
Tabla 5.1.34. Intensidad energética (MAE II) .....	180
Tabla 5.1.35. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE II) ....	181
Tabla 5.1.36. Consumo energético mensual de refrigeración y calefacción (MAE II).....	182
Tabla 5.1.37. Producción mensual de CO <sub>2</sub> (MAE II) .....	183
Tabla 5.1.38. Consumo total de energía (MAE III) .....	185

Tabla 5.1.39. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE III) .....	187
Tabla 5.1.40. Intensidad energética (MAE III) .....	189
Tabla 5.1.41. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE III) ...	189
Tabla 5.1.42. Consumo energético mensual de refrigeración y calefacción (MAE III) .....	190
Tabla 5.1.43. Producción mensual de CO <sub>2</sub> (MAE III) .....	191
Tabla 5.1.44. Consumo total de energía (MAE I + MAE II) .....	193
Tabla 5.1.45. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II) ....	195
Tabla 5.1.46. Intensidad energética (MAE I + MAE II) .....	197
Tabla 5.1.47. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE I + MAE II).....	198
Tabla 5.1.48. Consumo energético mensual de refrigeración y calefacción (MAE I + MAE II) .....	199
Tabla 5.1.49. Producción mensual de CO <sub>2</sub> (MAE I + MAE II) .....	200
Tabla 5.1.50. Consumo total de energía (MAE I + MAE II + MAE III) .....	201
Tabla 5.1.51. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II + MAE III).....	203
Tabla 5.1.52. Intensidad energética (MAE I + MAE II + MAE III) .....	205
Tabla 5.1.53. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE I + MAE II + MAE III).....	205
Tabla 5.1.54. Consumo energético mensual de refrigeración y calefacción (MAE I + MAE II + MAE III) .....	206
Tabla 5.1.55. Producción mensual de CO <sub>2</sub> (MAE I + MAE II + MAE III) .....	207
Tabla 5.2.1. Superficies total del edificio .....	220
Tabla 5.2.2. Altura interior de dependencia .....	220
Tabla 5.2.3. Superficie de dependencias .....	222
Tabla 5.2.4. Composición de la fachada por capas .....	223
Tabla 5.2.5. Composición de la cubierta por capas .....	223

Tabla 5.2.6. Composición de la solera por capas .....	223
Tabla 5.2.7. Composición del tabicón por capas .....	223
Tabla 5.2.8. Composición de las ventanas .....	224
Tabla 5.2.9. Ocupación del edificio .....	224
Tabla 5.2.10. Potencia instalada iluminación interior .....	229
Tabla 5.2.11. Potencia instalada equipos .....	230
Tabla 5.2.12. Consumo energético real del edificio .....	236
Tabla 5.2.13. Datos proporcionados por e+ del edificio .....	237
Tabla 5.2.14. Datos por dependencias .....	238
Tabla 5.2.15. Consumo total de energía .....	238
Tabla 5.2.16. Distribución de consumos energéticos por usos .....	240
Tabla 5.2.17. Intensidad energética .....	242
Tabla 5.2.18. Consumo energético mensual de iluminación y equipos .....	242
Tabla 5.2.19. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS...	243
Tabla 5.2.20. Producción mensual de CO <sub>2</sub> .....	244
Tabla 5.2.21. Potencia instalada iluminación interior según mejoras propuestas..	246
Tabla 5.2.22. Consumo total de energía (MAE I) .....	247
Tabla 5.2.23. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE I) .....	248
Tabla 5.2.24. Intensidad energética (MAE I) .....	250
Tabla 5.2.25. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE I) .....	251
Tabla 5.2.26. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE I).....	252
Tabla 5.2.27. Producción mensual de CO <sub>2</sub> (MAE I) .....	253
Tabla 5.2.28. Consumo total de energía (MAE II) .....	255
Tabla 5.2.29. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE II) .....	257
Tabla 5.2.30. Intensidad energética (MAE II) .....	259

Tabla 5.2.31. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE II) ....	260
Tabla 5.2.32. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE II).....	261
Tabla 5.2.33. Producción mensual de CO <sub>2</sub> (MAE II) .....	262
Tabla 5.2.34. Consumo total de energía (MAE III) .....	267
Tabla 5.2.35. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE III) .....	268
Tabla 5.2.36. Intensidad energética (MAE III) .....	270
Tabla 5.2.37. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE III) ...	271
Tabla 5.2.38. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE III) .....	272
Tabla 5.2.39. Producción mensual de CO <sub>2</sub> (MAE III) .....	273
Tabla 5.2.40. Consumo total de energía (MAE I + MAE II) .....	275
Tabla 5.2.41. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II) ....	277
Tabla 5.2.42. Intensidad energética (MAE I + MAE II) .....	279
Tabla 5.2.43. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE I + MAE II).....	280
Tabla 5.2.44. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE I + MAE II) .....	281
Tabla 5.2.45. Producción mensual de CO <sub>2</sub> (MAE I + MAE II) .....	282
Tabla 5.2.46. Consumo total de energía (MAE I + MAE II + MAE III) .....	283
Tabla 5.2.47. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II + MAE III).....	285
Tabla 5.2.48. Intensidad energética (MAE I + MAE II + MAE III) .....	287
Tabla 5.2.49. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE I + MAE II + MAE III).....	288
Tabla 5.2.50. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE I + MAE II + MAE III) .....	289
Tabla 5.2.51. Producción mensual de CO <sub>2</sub> (MAE I + MAE II + MAE III) .....	290

Tabla 5.3.1. Superficies total del edificio .....	303
Tabla 5.3.2. Altura interior de dependencia .....	303
Tabla 5.3.3. Superficie de dependencias .....	305
Tabla 5.3.4. Composición de la fachada por capas .....	305
Tabla 5.3.5. Composición de la cubierta por capas .....	306
Tabla 5.3.6. Composición de la solera por capas .....	306
Tabla 5.3.7. Composición del tabicón por capas .....	306
Tabla 5.3.8. Composición de las ventanas .....	306
Tabla 5.3.9. Ocupación del edificio .....	307
Tabla 5.3.10. Potencia instalada iluminación interior .....	311
Tabla 5.3.11. Potencia instalada equipos .....	312
Tabla 5.3.12. Consumo energético real del edificio .....	318
Tabla 5.3.13. Datos proporcionados por e+ del edificio .....	318
Tabla 5.3.14. Datos por dependencias .....	319
Tabla 5.3.15. Consumo total de energía .....	320
Tabla 5.3.16. Distribución de consumos energéticos por usos .....	321
Tabla 5.3.17. Intensidad energética .....	323
Tabla 5.3.18. Consumo energético mensual de iluminación y equipos .....	323
Tabla 5.3.19. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS ..	324
Tabla 5.3.20. Producción mensual de CO <sub>2</sub> .....	325
Tabla 5.3.22. Consumo total de energía (MAE I) .....	327
Tabla 5.3.23. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE I) .....	328
Tabla 5.3.24. Intensidad energética (MAE I) .....	330
Tabla 5.2.25. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE I) .....	331
Tabla 5.3.26. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE I) .....	332

Tabla 5.3.27. Producción mensual de CO <sub>2</sub> (MAE I) .....	333
Tabla 5.3.27. Potencia instalada iluminación interior según mejoras propuestas..	335
Tabla 5.3.28. Consumo total de energía (MAE II) .....	335
Tabla 5.3.29. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE II) .....	337
Tabla 5.3.30. Intensidad energética (MAE II) .....	339
Tabla 5.3.31. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE II) ....	339
Tabla 5.3.32. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE II) .....	340
Tabla 5.3.33. Producción mensual de CO <sub>2</sub> (MAE II) .....	341
Tabla 5.3.34. Datos geográficos y climatológicos para el cálculo e ACS solar (MAE III) .....	343
Tabla 5.3.35. Necesidades energéticas para ACS (MAE III) .....	344
Tabla 5.3.36. Características de los captadores solares (MAE III) .....	344
Tabla 5.3.37. Energía necesaria para ACS en el edificio (MAE III) .....	345
Tabla 5.3.38. Cálculo de aportación solar a la instalación de ACS (MAE III) .....	345
Tabla 5.3.39. Consumo total de energía (MAE III) .....	346
Tabla 5.3.40. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE III) .....	348
Tabla 5.3.41. Intensidad energética (MAE III) .....	350
Tabla 5.3.42. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE III) ...	351
Tabla 5.3.43. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE III) .....	352
Tabla 5.3.44. Producción mensual de CO <sub>2</sub> (MAE III) .....	353
Tabla 5.3.45. Consumo total de energía (MAE I + MAE II) .....	355
Tabla 5.3.46. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II) ....	357
Tabla 5.3.47. Intensidad energética (MAE I + MAE II) .....	359
Tabla 5.3.48. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE I + MAE II).....	360

Tabla 5.3.49. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE I + MAE II) .....	361
Tabla 5.3.50. Producción mensual de CO <sub>2</sub> (MAE I + MAE II) .....	362
Tabla 5.3.51. Consumo total de energía (MAE I + MAE II + MAE III).....	363
Tabla 5.3.52. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II + MAE III).....	365
Tabla 5.3.53. Intensidad energética (MAE I + MAE II + MAE III) .....	367
Tabla 5.3.54. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE I + MAE II + MAE III).....	368
Tabla 5.3.55. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE I + MAE II + MAE III) .....	369
Tabla 5.3.56. Producción mensual de CO <sub>2</sub> (MAE I + MAE II + MAE III) .....	370
<b>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES</b> .....	378
Tabla 6.1. Error comparando consumos reales con consumos según simulación...	381
Tabla 6.2. Distribución de consumos por usos de los edificios .....	381
Tabla 6.3. Variación de consumos energéticos provocados por las mejoras .....	383
Tabla 6.4. Variación de consumos energéticos provocados por la unión de mejoras .....	384

# **CAPÍTULO 1: ENERGÍA Y EDIFICACIÓN**

### 1.1. LA ENERGÍA EN LA EDIFICACIÓN.

La demanda energética ha venido experimentando una tendencia al alza en las tres últimas décadas, a lo largo de las cuales han tenido lugar crisis económico-energéticas a nivel mundial, con impacto negativo en la actividad económica y en la demanda energética de la mayoría de los países desarrollados. No obstante, a principio de los años 70, esta circunstancia sirvió de catalizador para acometer políticas orientadas a la reducción de la dependencia energética y la mejora de la eficiencia. En España, esta reacción se manifestó con casi una década de retraso, comenzando a mediados de los 80.

La posterior expansión económica de nuestro país, desde su incorporación a la UE, trajo como consecuencia un incremento en el poder adquisitivo, que tuvo su reflejo en un mayor equipamiento doméstico, así como en un fuerte desarrollo del sector inmobiliario, factores entre otros, que han sido decisivos en las tendencias al alza del consumo energético. Al inicio de los 90 una nueva crisis tuvo eco en una leve atenuación de la demanda energética. La evolución posterior mantuvo una tendencia ascendente hasta el año 2004, iniciándose a partir de entonces, una etapa en la evolución de la demanda energética, propiciada, entre otros, por la puesta en marcha de Planes de Eficiencia Energética.

Estos rasgos se mantienen en la actualidad, si bien, se han visto reforzados por el efecto de la crisis financiera internacional, iniciada hacia finales del año 2008. En España, el efecto de esa crisis se evidencia a través de la desaceleración experimentada en el sector de la construcción que, tradicionalmente, ha constituido uno de los motores de la economía nacional. La pérdida de productividad de este sector y, en general, de la economía española en su conjunto, se ha visto acompañada de un descenso aún más acusado de la demanda energética.

En la siguiente figura podemos observar la evolución del consumo de energía primaria en España por fuentes energéticas [1] según datos aportados por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

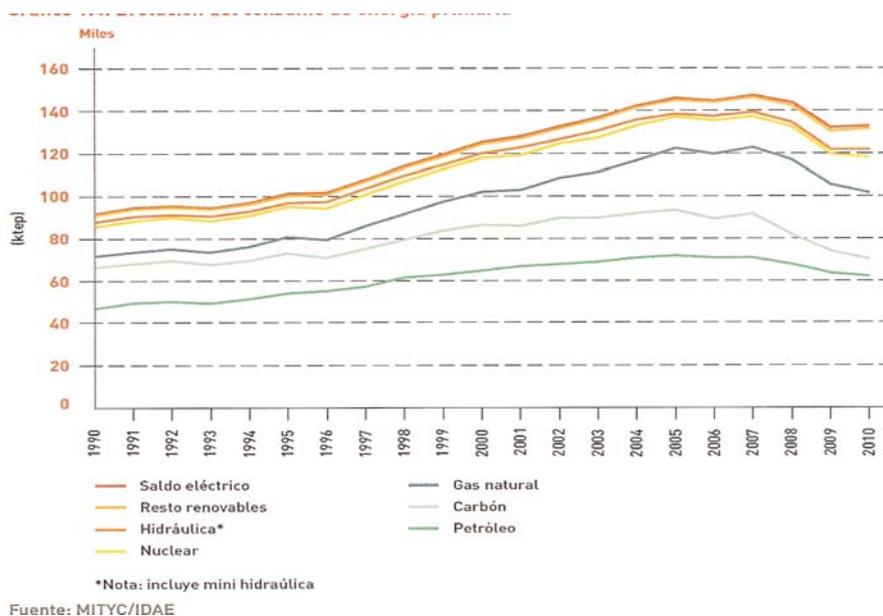


Figura 1.1. Evolución del consumo de energía primaria por fuentes de energía.

El consumo de energía final suele dividirse en tres grandes sectores, la industria, el transporte y otros, que incluye a su vez, el sector primario, agricultura, ganadería y pesca, el sector servicios y el sector residencial. Observando los consumos en cada uno de los sectores observamos como la edificación representa un gran porcentaje de la energía final consumida, debiendo por tanto estudiarse con detenimiento dividiéndose en los dos subsectores que la componen, el terciario (servicios) y el residencial. En la figura siguiente observamos cómo evoluciona el consumo final de energía por sectores en España según datos aportados por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

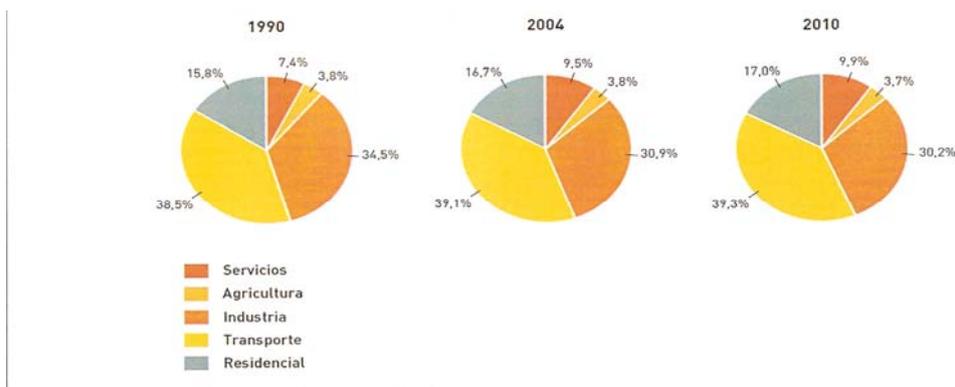


Figura 1.2. Evolución de la estructura sectorial de la demanda de energía final.

En la figura siguiente observamos cómo se produce la evolución de la demanda energética en España a lo largo de las dos últimas décadas.

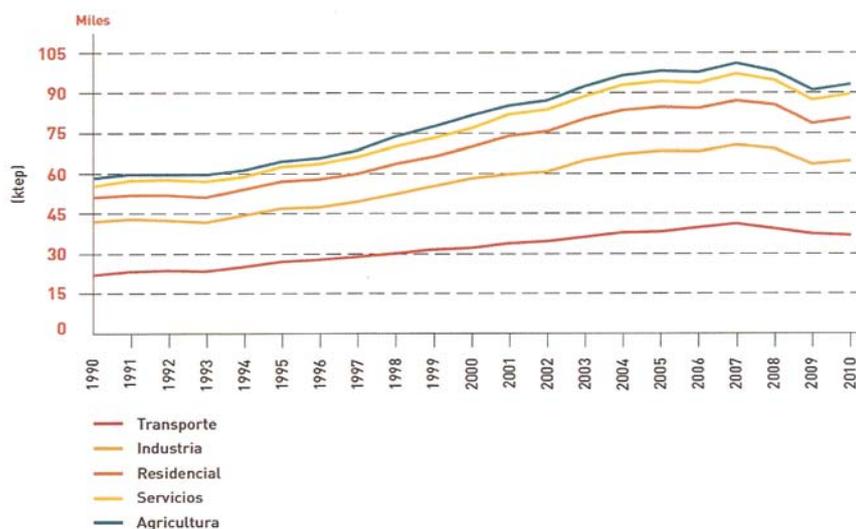


Figura 1.3. Evolución del consumo final de energía por sectores.

### 1.1.1. La Energía en el Sector Residencial.

Teniendo en cuenta la última información disponible sobre la sectorización de consumos correspondiente al año 2010 [2], se observa un incremento del 1,9% en la demanda de este sector, ascendiendo a 16.103 ktep, lo que equivale al 57,7% del consumo del Sector Usos Diversos y al 17,8% del consumo energético nacional.

Atendiendo a la naturaleza de las fuentes energéticas con las que se satisfacen las demandas del sector residencial se obtiene un reparto entre fuentes de origen fósil y de origen eléctrico en una relación 65%/35%, lo que da idea de la importancia que tiene en este sector los usos de tipo térmico. Más concretamente, de acuerdo al estudio SECH-SPAHOUSEC relativo al «Análisis del consumo energético del sector residencial en España», promovido por EUROSTAT y realizado por el IDAE, se desprende que el grueso del consumo en 2010 se concentra en la cobertura de la demanda de calefacción según se muestra en la Figura 1.4. En un siguiente orden de magnitud, el equipamiento electrodoméstico absorbe cerca de la cuarta parte del consumo total, destacando los frigoríficos entre el equipamiento más consumidor.

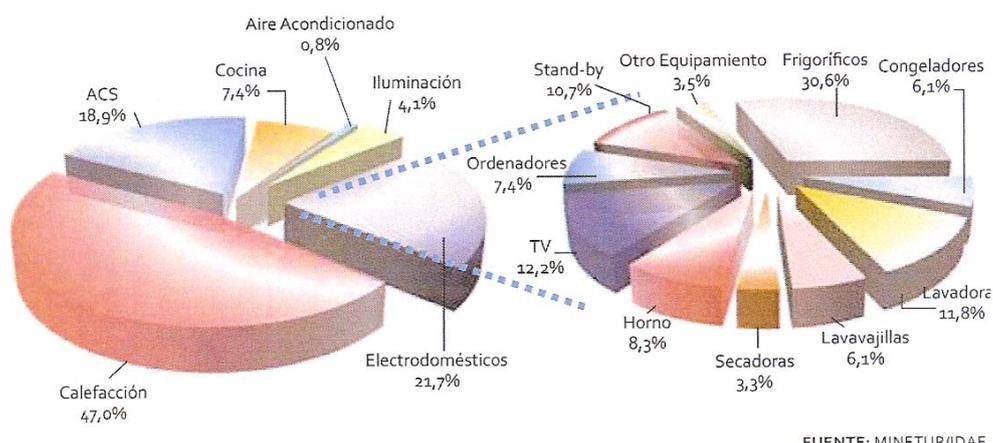


Figura 1.4. Consumo Energético unitario según tipo de vivienda.

Asimismo, el estudio permite concluir la relevancia de los sistemas de «Standby» asociados a ciertos equipamientos electrodomésticos, cuyo consumo alcanza el 2,32% del consumo total, valor superior al del aire acondicionado, ligeramente inferior al 1%. No obstante el bajo consumo del aire acondicionado, al tratarse de un consumo estacional, se encuentra concentrado en un breve periodo de tiempo, que puede ocasionar puntas de demanda, con dificultades en la gestión de las mismas.

El estudio SECH-SPAHOUSEC ha realizado un análisis diferenciado por tipos de vivienda llegando a la conclusión de que las viviendas en bloque son responsables del 53% del consumo total del sector residencial dado el mayor tamaño del parque de este tipo de viviendas. Sin embargo, atendiendo al consumo por tipo de vivienda, Figura 1.5, son las viviendas unifamiliares las que más consumen, dada su mayor superficie, su mayor grado de ocupación y la preferencia por sistemas basados en fuentes de origen fósil. Así, considerando el consumo medio por hogar, desagregado por tipos de usos se aprecia que los consumos de las viviendas unifamiliares superan los de las viviendas en bloque, sobre todo en lo relativo a la calefacción. En conjunto, el consumo total de una vivienda unifamiliar duplica al de la vivienda en bloque, siendo el consumo de calefacción cuatro veces superior.

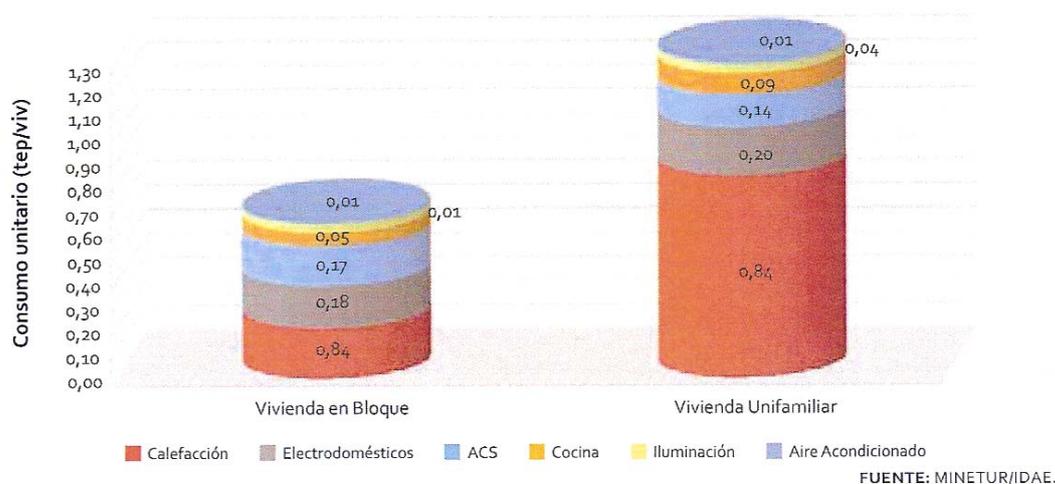


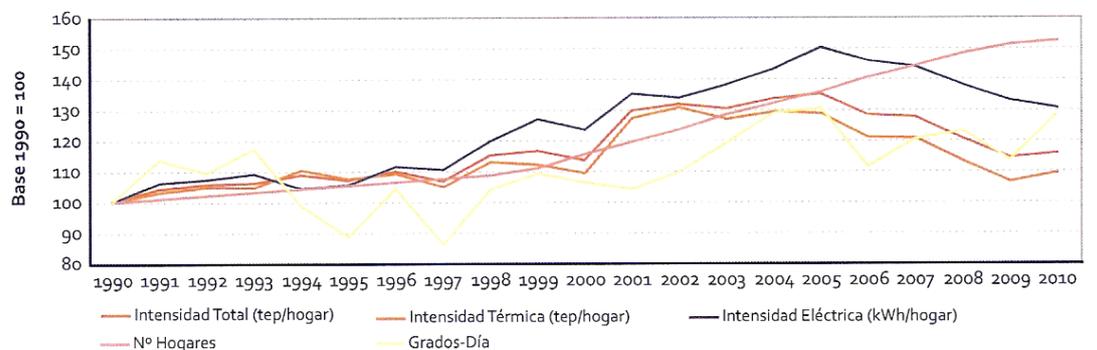
Figura 1.5. Consumo Energético unitario según tipo de vivienda.

Atendiendo al indicador de la intensidad de energía, en 2010, se ha registrado un aumento de un 1,1%, rompiendo la tendencia a la baja de años anteriores. Como balance general, se observa que el indicador mencionado ha mostrado en la década de los 90 una tendencia al alza, ocasionada por varios factores de carácter sociodemográfico y económico, como la situación de bonanza económica que facilitó

una mayor demanda de confort, un cambio hacia hábitos y estilos de vida más consumistas, el equipamiento progresivo de las viviendas, el aumento del número de hogares, estrechamente vinculado a la inmigración, el incremento de la superficie media de las viviendas, etc. Esta tendencia se trunca a partir del año 2004, registrando desde entonces una mejora continua que se mantiene hasta el año 2009, en que los efectos inducidos por la crisis se hacen más evidentes no solo en este sector sino también en los restantes como ya se ha visto. En consecuencia, el efecto de la crisis en 2009 da lugar a un descenso más acusado de la intensidad en este sector, debido a una moderación en la demanda, a lo que se suman los beneficios derivados de la penetración reciente y progresiva del equipamiento electrodoméstico y de iluminación de mayor eficiencia en los hogares, así como otros efectos incipientes vinculados a los requerimientos legislativos más exigentes en materia de eficiencia en el sector de la edificación. A ello se suma la climatología más benévola registrada durante el año 2009, lo que refuerza la caída de la demanda energética al disminuir las necesidades de calefacción. En el año 2010, se observa un repunte de la intensidad, a lo que contribuye el empeoramiento de las temperaturas en dicho año.

El análisis de la evolución del indicador de intensidad desagregado en la intensidad térmica y eléctrica, según muestra la figura 1.6, permite observar un crecimiento superior del indicador de intensidad eléctrica, lo que, por una parte, se relaciona con la adquisición y penetración del equipamiento electrodoméstico de los hogares desde inicios de la década de los 90, y por otra, con la disposición de buena parte de los hogares españoles de equipos eléctricos y portátiles para satisfacer la demanda ligada a la climatización. Sin embargo, con posterioridad al 2004 se aprecia un cambio de tendencia en ambos indicadores, iniciando un periodo de descenso, más estabilizado en el caso de la intensidad eléctrica, manteniendo este último indicador esta tendencia en 2010. Esto podría obedecer a la renovación y saturación del equipamiento electrodoméstico en los hogares españoles en los últimos años. La intensidad térmica, en cambio, se incrementa en 2010, debido a las mayores

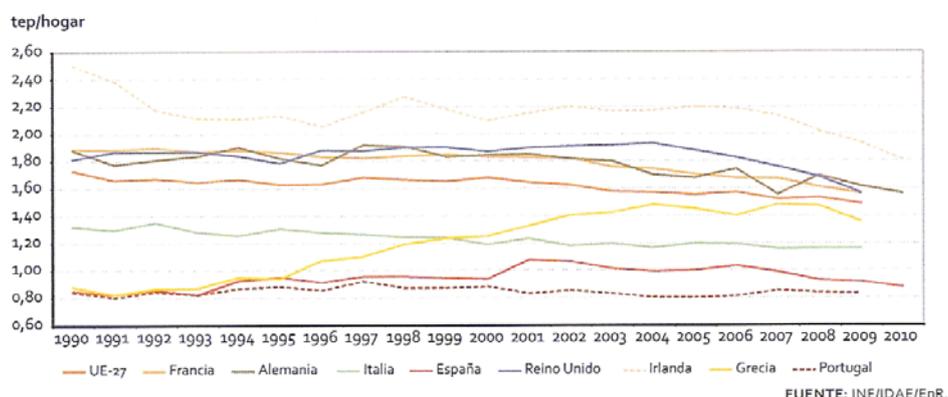
demandas de calefacción, entre otras, potenciadas por el empeoramiento climatológico observado en 2010.



FUENTE: INE/MINETUR/IDAE.

Figura 1.6. Principales indicadores del Sector Residencial.

La corrección del indicador según el clima tiene por objeto ajustar el impacto de las variaciones entre inviernos. En un análisis comparativo de este nuevo indicador en los países de la UE, Figura 1.7, destaca España, junto a Portugal, por sus bajos niveles de intensidad. Esto obedece a la mejor climatología de los países del sur de Europa, que conlleva menores necesidades de calefacción, que en el caso de España alcanza del orden del 47% de toda la demanda del sector residencial, es decir veinte puntos porcentuales por debajo de la media europea. Teniendo en cuenta que este tipo de uso es el más importante a efectos energéticos, se entiende como su menor peso conduce a una menor intensidad, alrededor de un 35-40% inferior a la media Europea.



FUENTE: INE/IDAE/EnR.

Figura 1.7. Intensidad Energética del Sector Residencial con corrección climática España y UE.

### 1.1.2. La Energía en el Sector Servicios.

Según los datos más recientes disponibles sobre el consumo sectorizado [3], se observa que en el año 2010, el sector servicios se ha mantenido prácticamente estable en lo que se refiere a su demanda energética, con un ligero decremento, apenas perceptible. Esto unido al aumento del 1,7% en el Valor Añadido Bruto del sector ha supuesto una mejora de la intensidad del 1,7%. En general, la tendencia de este indicador en la última década ha sido al alza hasta el año 2005 en que la evolución de la productividad económica del sector por encima de su demanda energética, supone una ruptura, marcando el inicio de una mejora en su intensidad energética.

Más recientemente, la evolución mostrada se corresponde con la coyuntura de la actual crisis, que introduce una perturbación en el ritmo normal de la actividad del sector y de su demanda, tal como se aprecia en la Figura 1.8. Así, en el periodo 2009-2010, se observa primeramente una caída brusca en el consumo energético, a consecuencia del estancamiento de la actividad económica, que se manifiesta igualmente en el descenso del Valor Añadido Bruto.

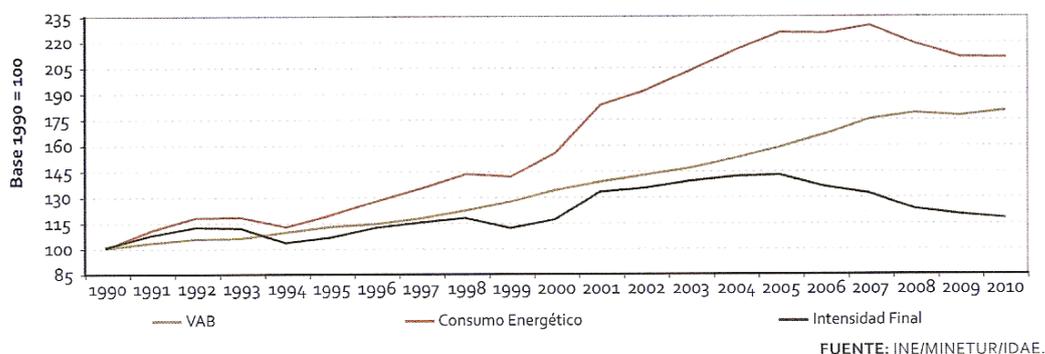


Figura 1.8. Principales indicadores del Sector Servicios.

En términos comparativos, el indicador nacional, evoluciona por debajo de la media europea según se observa en la figura 1.9, mostrando un progresivo acercamiento al indicador europeo hasta el año 2005, año a partir del cual muestra una tendencia a la baja reforzada desde el inicio de la crisis.

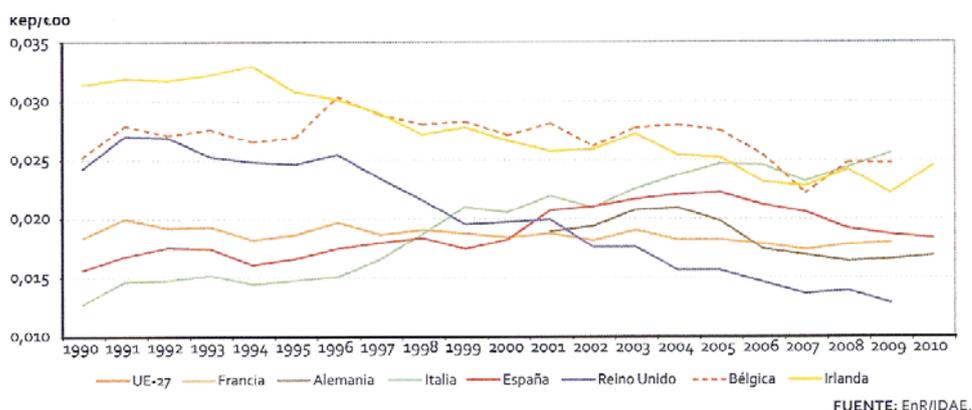
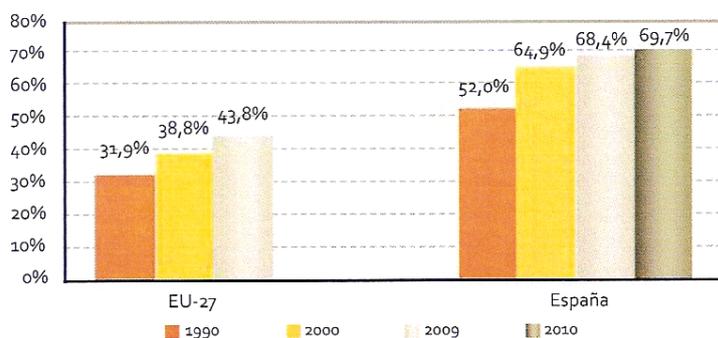


Figura 1.9. Intensidad Energética del Sector Servicios en España y UE.

La importancia del consumo eléctrico en este sector por encima de la media europea, Figura 1.10, lleva a un análisis diferente al anterior, en el que el indicador respectivo evoluciona a un ritmo superior al del indicador homólogo comunitario. La razón de este elevado consumo se encuentra ligada a los sectores oficinas y comercio, que conjuntamente representan el 85% del consumo eléctrico del sector servicios, originándose estas demandas en el uso de equipamiento ofimático, iluminación, y climatización, destacando con relación a lo último la presencia creciente de las bombas de calor.

Por otra parte, la creciente incorporación de equipamiento ligado a tecnologías de información y comunicación (TIC) en el sector servicios, a nivel nacional y comunitario, contribuirá a reforzar el peso del consumo eléctrico.



FUENTE: EnR/IDAE.

Figura 1.10. Representatividad del consumo eléctrico del Sector Servicios en España y UE.

Considerando lo anterior, se llega al análisis comparativo del indicador de intensidad eléctrica, Figura 1.11, con una tendencia ascendente, en progresiva divergencia respecto al indicador homólogo de la UE, hasta el año 2005, momento en que se registra indicios de cambio hacia una mejora, produciéndose con ello un acercamiento a la intensidad eléctrica media de la UE.

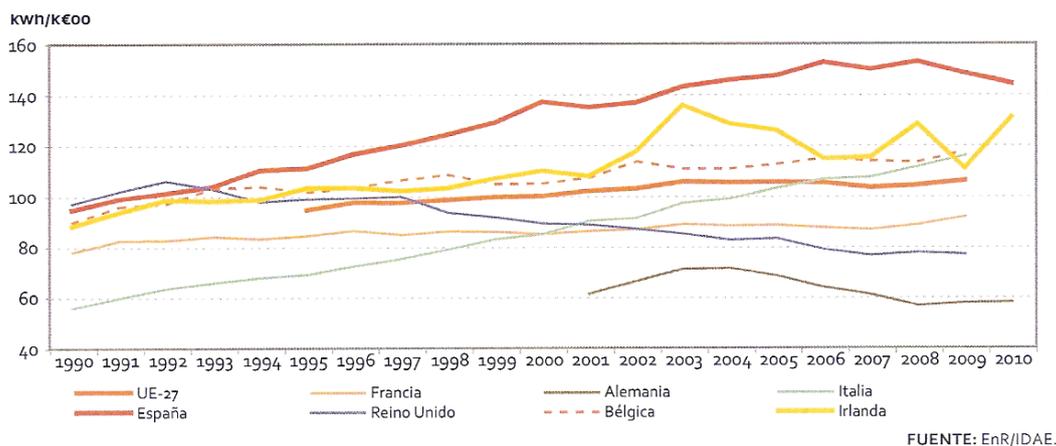


Figura 1.11. Intensidad eléctrica del Sector Servicios en España y UE.

Tal y como hemos visto se produce un punto de inflexión en el gasto energético consecuencia de varios factores a destacar como más importante la puesta en marcha de los planes de ahorro y eficiencia energética en el marco de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4), aprobada en noviembre de 2003, estos planes de acción se han desarrollado entre 2005-2007 y 2008-2012 por acuerdo de Consejo de Ministros de 8 de julio de 2005 y de 20 julio de 2007. El Plan de Acción 2008-2012 fue el remitido por el Estado español a la Comisión Europea como primer Plan Nacional de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética.

Durante la aplicación de los planes de ahorro y eficiencia energética en el marco de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4) dentro del sector edificación se ha producido un ahorro 6.451 ktpe en base a 2004 y 4.561 ktpe en base a 2007 [4].

Actualmente se ha aprobado el 2º Plan de Acción nacional de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2011-2020 aprobado por acuerdo de Consejo de Ministros de 29 de julio de 2011, dando de ésta forma cumplimiento a lo dispuesto en la Directiva 2006/32/CE2, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos, a través de esta iniciativa se pretende darle continuidad a los planes anteriores así como crear una serie de medidas y mecanismos para conseguir los objetivos de ahorro energético fijados.

Atendiendo a la distribución sectorial de la demanda, vemos como lo referente a edificios ya sea residencial o servicios genera un gran consumo energético, por este motivo creemos que el sector edificación es un objetivo claro dónde dirigir las actuaciones conducentes a una mejora de la eficiencia energética para producir ahorros directos cuya repercusión es notable en la situación actual energética.

## **1.2. MARCO NORMATIVO.**

### **1.2.1. Marco normativo Europeo.**

A nivel mundial, en muchos países se han definido políticas de eficiencia energética y de apoyo a la construcción y rehabilitación sostenible, y los marcos regulatorios se están refinando desde esas experiencias.

La Agencia Internacional de la Energía [5] recomienda disponer de un “paquete de políticas” capaz de generar una plataforma legislativa adecuada para el crecimiento de la eficiencia energética de los edificios, y el marco político europeo, y de muchos estados miembros, sigue esa línea de trabajo.

A lo largo de los últimos años se han producido cambios en la política europea respecto a la eficiencia energética y su repercusión en la edificación, que suponen un nuevo esfuerzo en las actuaciones para dirigirse hacia los objetivos de reducción de

consumo de energía, introducción de renovables y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, que tiene establecidos la Unión Europea con horizonte 2020 y 2050.

Igualmente, en el marco español, y aún con cierto retraso, se está avanzando en la adaptación de los instrumentos derivados de las directivas comunitarias que afectan a la eficiencia energética en edificación, especialmente a la certificación de la edificación existente, así como iniciativas en el campo de la rehabilitación del parque edificado y de su mejora energética.

El compromiso de la Unión Europea con el medio ambiente y la eficiencia energética en el sector de la edificación empezó de forma legislativa con la Directiva 2002/91/CE, de 16 de diciembre [6], relativa a la eficiencia energética de los edificios (EPBD) y se desarrolló dentro del contexto de impulsar la energía limpia y las reducciones del CO<sub>2</sub> para generar una economía eficiente en su uso de recursos y de menor dependencia energética. En términos sólo de la eficiencia energética, el objetivo de 2020 para ahorrar un 20% del consumo de energía primaria ya fue propuesto en 2005 en el Libro Verde sobre eficiencia energética. Este objetivo fue formalmente aceptado por los jefes de Estado de la UE en el Consejo Europeo de marzo del 2007, si bien carecía de un carácter vinculante.

Este objetivo se reafirmó en la Estrategia “Europa 2020”, adoptada en marzo del 2010, en la que la Unión Europea se fija como objetivo para la década un crecimiento “inteligente, sostenible e integrador”. Los objetivos europeos para la eficiencia energética en el horizonte 2020 se articulan de la siguiente manera:

Reducir el consumo anual de energía primaria en un 20% para el año 2020, alrededor de 368 Mtep al año, por debajo de la tendencia actual sin sobrepasar un gasto total de los 1.474 Mtep en 2020. Esto se traduciría en:

- Una reducción de las emisiones europeas de CO<sub>2</sub> en 780 millones de toneladas;
- Un ahorro de 100 mil millones de euros anuales en costes de combustible para los consumidores de la UE [7].

Los edificios son responsables del 40% del consumo final de la energía y del 36% de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la Unión Europea, y son claves para alcanzar los objetivos de eficiencia, reducciones del CO<sub>2</sub> y de ahorro de energía para 2020 y más largo plazo. El comportamiento energético ineficiente puede mejorarse de una manera considerable y rentable utilizando tecnologías actuales, que pueden llegar a reducirlo en un 20%-50%, dependiendo de la ubicación geográfica del edificio, de su tipología, de su fecha de construcción y de su uso. En la hoja de ruta hacia una economía baja en carbono para el año 2050, adoptada en marzo del 2011, la Comisión Europea fija el objetivo de reducir las emisiones de edificios en la Unión Europea entre un 88 y un 91% antes del 2050 [8].

La Directiva de Eficiencia Energética en Edificios (EPBD - 2002/91/CE) no fue traspuesta de forma completa en muchos Estados miembros, España incluida, antes del 2008 (cuando estaba requerido hacerlo en 2006) por lo que la Comisión Europea propuso una modificación de la legislación, adoptada en mayo de 2010. Esa Directiva modificada 2010/31/ EU, de 19 de mayo de 2010 [9], señaló que su implementación reduciría el consumo total de energía de la UE en un 5,6% y crearía entre 280.000 y 450.000 nuevos puestos de trabajo gracias a medidas implementadas para el año 2020 [10].

La Metodología común de la Directiva 2010/31/EU contempla [11]:

- El rendimiento energético de los edificios;
- Las normas mínimas de eficiencia energética de los edificios nuevos y rehabilitaciones importantes;
- Los sistemas de certificación energética de los edificios;
- Los requisitos para las inspecciones periódicas de las calderas;
- Los sistemas centrales de aire acondicionado.

La versión nueva de la EPBD (2010) insta a los Estados miembros a:

- Que para finales de 2018 sus edificios públicos de nueva construcción sean “de consumo energético casi cero” y que para finales del 2020 este requerimiento sea

obligatorio también para los nuevos edificios del sector privado.

- Disponer de un sistema de referencia de los estándares nacionales de eficiencia energética que verifiquen los niveles óptimos de coste usados en los Estados miembros, para comparar esos estándares y supervisar su evolución.
- Los certificados de eficiencia energética también serán obligatorios para el alquiler y venta de cualquier propiedad. Sin embargo, no existen propuestas para poner en marcha estándares firmes respecto a la eficiencia energética de los edificios existentes.
- Elaborar planes nacionales para incentivar a los propietarios a que realicen mejoras de eficiencia energética en dichos edificios.

En 2011, la Comisión Europea reconoció la necesidad de redoblar sus esfuerzos en cuanto a la eficiencia energética, ya que parecía que su objetivo para 2020 no iba a ser alcanzado [12], según se muestra en la Figura 1.12, y puso en marcha un proceso de análisis que terminó en una nueva Directiva 2012/27/UE, de 25 de octubre de la Eficiencia Energética (DEE) que fue publicada en el mes de noviembre del 2012.

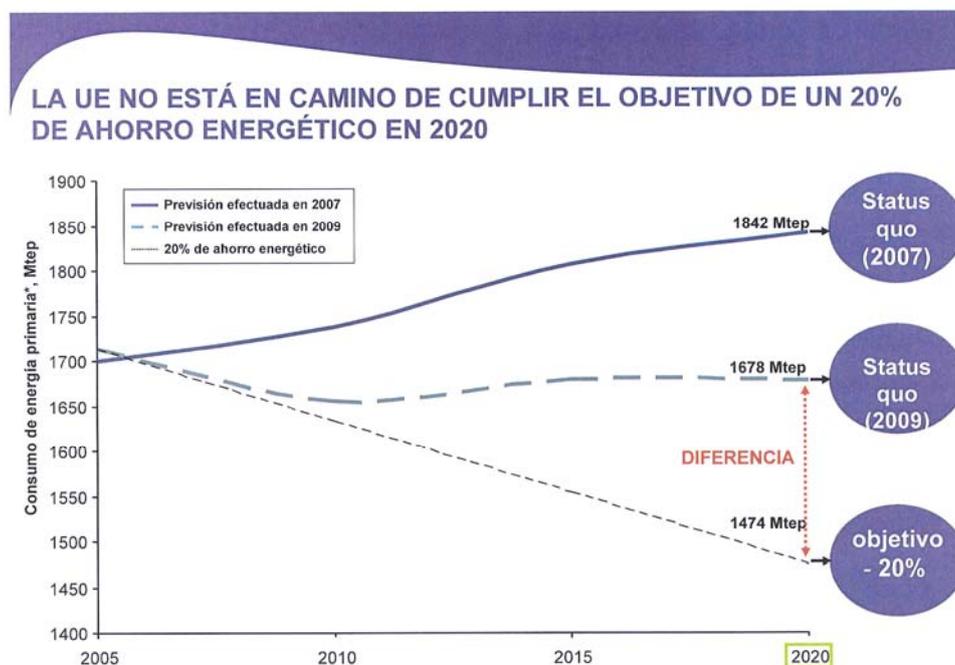


Figura 1.12. Previsión de Ahorro Energético en la UE.

Esta nueva directiva partía de seis ideas principales [13]:

1. La obligación legal de establecer un marco de referencia para el ahorro de energía en todos los Estados miembros.
2. Poner en marcha una acción ejemplar del sector público a través de la rehabilitación de los edificios públicos y del fomento de la compra por parte de las autoridades de productos, servicios y edificios de alta eficiencia.
3. Mejorar la transparencia para los consumidores energéticos y facilitar el acceso a los posibles ahorros.
4. Proveer más incentivos para la eficiencia energética en las PYMEs.
5. Conseguir una mayor eficiencia en la generación eléctrica.
6. Sustituir con una única directiva las directivas existentes sobre servicios energéticos y cogeneración.

Esta nueva Directiva de la Eficiencia Energética tendrá que ser implementada y transpuesta en la ley nacional antes de abril del 2014, tiene cuatro áreas principales de impacto:

- Los Estados miembros impondrán a las compañías energéticas un porcentaje de “ahorro de energía acumulado” mínimo para 2020 para ayudar a sus clientes a ahorrar energía. Dicho ahorro no podrá ser inferior al 1,5% de las ventas anuales de energía a clientes industriales y domésticos entre 2014 y 2020.
- Una tasa obligatoria de reforma de 3% de la superficie de los edificios públicos que sean “propiedad de o estén ocupados por el gobierno central”;
- La obligación para cada Estado miembro de la UE de elaborar una “hoja de ruta” con alcance a largo plazo para fomentar la inversión en la renovación de edificios (esto incluye propiedades comerciales, edificios públicos y hogares privados);
- La nueva DEE también incluye medidas adicionales respecto a las auditorías energéticas y la gestión energética para las grandes empresas, análisis coste-beneficio para el despliegue de producción combinada de calor y electricidad (Cogeneración/ CHP) y la contratación pública.

Los Estados miembros han acordado tomar medidas vinculantes pero han establecido un objetivo sólo orientativo de ahorro energético del 20% y de medidas relacionadas. En ausencia de un objetivo vinculante, se estima que el ahorro total, con las medidas acordadas, sea del 15% en 2020, aun por debajo del objetivo del 20% que los Estados miembros habían acordado previamente en 2007. Los objetivos nacionales orientativos tienen que ser comunicados por los estados miembros en abril del 2013.

Para conseguir cerrar el déficit entre el 15% y 20% se supone que las medidas de eficiencia en el transporte de biocombustibles para los automóviles, y nuevos estándares para productos como calderas, que pasaran a formar parte de la denominada Directiva de Eco-Diseño, añadirá otro 2% para llegar al 17%. El resto hasta alcanzar el objetivo previsto (el 3%) se conseguirá de la siguiente manera:

- En abril de 2013, los Estados miembros deberán presentar sus programas nacionales de eficiencia y calcular qué objetivos se van a cumplir. La Comisión Europea los evaluará posteriormente.
- Si el análisis por parte de la Comisión de los planes nacionales de ahorro de energía demuestra que la UE no podrá cumplir el objetivo de ahorro de energía del 20%, se añadirán a la directiva más medidas vinculantes para llenar el vacío.
- Si los Estados miembros no aplican las medidas adicionales y no están aún en vías de alcanzar la meta, la Comisión propondrá entonces objetivos vinculantes.
- El ahorro se calculará a partir de 2014 y habrá una revisión de la Directiva en 2016.

La gestión de la eficiencia energética en España está coordinada y guiada a través del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), en coordinación con las comunidades autónomas que, en el caso del sector residencial, tiene las competencias en materia energética de la vivienda. El IDAE es una agencia gubernamental dependiente del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, cuya responsabilidad es la gestión la política energética en general.

### **1.2.2. Marco normativo Español.**

El IDAE ha actuado como el agente principal del marco político de eficiencia energética de España, conforme lo establecido en la Estrategia para el Ahorro y la Eficiencia Energética 2004-2012 de España, y a lo añadido a través de dos desarrollos legislativos posteriores: el Plan de Acción 2008-2012 de eficiencia energética, y el Plan de Activación de Ahorro y Eficiencia Energética 2008-2011. Además, existen referencias paralelas y medidas incluidas tanto en la Estrategia Española de Sostenibilidad y en la propuesta de Ley de Sostenibilidad del 2009, como también en la legislación del Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión formando la base de las asignaciones y planes de las reducciones de emisiones en consecuencia con las directivas europeas en el marco del Protocolo de Kyoto.

El Plan de Acción 2008-2012 de eficiencia energética de España establece un objetivo nacional de 11% en ahorros energéticos para el 2012, superando, asimismo, el compromiso contraído en la Directiva 2006/32/EC de la UE de 9% en ahorros energéticos para el 2016 [14]. El Plan de Activación de Ahorro y Eficiencia Energética 2008-2011 es, sobre todo, una campaña de sensibilización del consumidor dirigida a la reducción en el uso de energía equivalente al 10% de las importaciones anuales de petróleo, principalmente a través de la eliminación de barreras para fines del 2011. Ambos programas están implementados por IDAE en colaboración con las comunidades autónomas que coordinan gran parte de la asistencia financiera directa disponible para la inversión en eficiencia energética y proyectos relacionados.

La Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia incluye una larga lista de acciones propuestas para edificios residenciales, comerciales y plantas industriales. Muchas de estas acciones también están incluidas en el Plan de Acción 2008- 2012. En el 2009 España elaboró su Ley de Economía Sostenible, que incluía también provisiones para la eficiencia energética y mecanismos de actuación en la rehabilitación energética.

El eje principal de la política de Eficiencia Energética Española hasta la fecha se ha basado en la inversión de recursos de manera sectorial y regional, en colaboración con las comunidades autónomas, en base al plan E4 que desarrolla la Estrategia Española de Eficiencia y Ahorro Energético. Para fines del 2007, el Gobierno estimó que habría invertido más de 700 millones de euros en esta línea, principalmente transferidos para su inversión a nivel regional. En paralelo, el IDAE se ha enfocado en eliminar barreras, a través de actividades de información y concienciación, y el apoyo directo de las Empresas de Servicios Energéticos ESE, a la par de programas de asistencia financiera directa relativamente extensos componiendo una serie de líneas de crédito específicamente estructuradas, subvenciones y créditos blandos ofrecidos en colaboración con el Instituto de Crédito Oficial (Fondo de Economía Sostenible). Gran parte de dicha asistencia parece haber sido dirigida a proyectos de eficiencia energética a gran escala en las áreas comercial e industrial más que al entorno de los edificios residenciales.

En el 2010, el Gobierno español planeaba mejorar la eficiencia energética de 330 edificios del Estado, habiendo presentado una licitación en ese mismo año, y planeaba expandir el mismo programa a unos 2.000 edificios más mediante el llamado “Plan 2000ESE” [15].

El Plan 2000ESE, intentaba dar un “impulso al sector de servicios energéticos” e incluye a 1.000 edificios del gobierno central más 1.000 edificios de las comunidades autónomas y ayuntamientos para conseguir al menos una reducción del 20% en su consumo de energía. Se esperaba que el plan proporciona un impulso fuerte a la actividad de los ESE en España.

Paralelamente a esa actividad impulsora de la eficiencia energética, en España y en el ámbito de la edificación se ha desarrollado un marco normativo que, siendo en general transposición de las directivas europeas, ha organizado al sector de la construcción frente a la eficiencia energética. La promulgación en 2006 del Código Técnico de la Edificación CTE (aplicable en la construcción de nuevos edificios) que

define y regula la eficiencia energética como una de las demandas básicas de la nueva edificación y de los resultados de rehabilitaciones profundas, junto con la aprobación del procedimiento básico para la certificación energética de la nueva edificación en 2007, suponen la integración en la normativa del sector de la construcción de los mecanismos europeos dirigidos a la eficiencia en la nueva edificación.

La promulgación del nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios en 2007, y sus posteriores modificaciones, que regula el uso y gestión de los sistemas energéticos destinados esencialmente a climatización en edificación, junto con el actual desarrollo, promovido por IDAE, de los instrumentos para la certificación energética de la edificación existente, acaban de conformar la extensión normativa al parque construido de la eficiencia energética como una calidad enunciada y verificable.

Por otro lado, y en lo que hace referencia a la aplicación de esas demandas normativas sobre el parque existente, ya hace algún tiempo que las Inspecciones Técnicas de Edificios ITE son obligatorias para los edificios existentes, y deben realizarse en unos plazos que van a cumplirse pronto para los más antiguos. Esas inspecciones tienen como objetivo establecer para cada edificio un informe sobre su estado para hacer cumplir el deber de conservación del edificio que compete a todo propietario de un inmueble. Los referentes para ese informe son las exigencias globales del Código Técnico Español CTE (seguridad, impermeabilidad, higiene, ahorro energético, etc) a través del juicio del técnico que realiza la inspección.

### **1.2.3. Desarrollo normativo en España.**

En España la regulación comienza en 1979 con el Real Decreto 2429/1979, de 6 de julio, por el que se aprueba la Norma Básica de Edificación Condiciones Térmicas de los edificios, NBE-CT-79 [16], que fija los requisitos fundamentales en lo referente a envolvente constructiva en los edificios. Un años después aparece el Real Decreto

1618/1980, de 4 de julio por el que aprueba el Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria (RICACS) [17] en el cual se establecen condiciones para el diseño y montaje de instalaciones térmicas, tras un largo periodo de tiempo el reglamento de instalaciones térmicas no se cambió hasta la entrada en vigor del Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, en el que se crea el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), reglamento que ha estado en vigor hasta su reciente cambio con la aparición del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, nuevo RITE, así como sus posteriores modificaciones, en el que aparecen ciertos factores reguladores que antes no se tenían en cuenta referentes a la eficiencia energética.

En lo referente a normativa que afectara a la envolvente física de los edificios ha estado en vigor durante muchos años la NBE-CT-79, hasta la entrada en vigor del Real Decreto 316/20067, de 17 de marzo [18], por el que aprueba el Código Técnico de la Edificación así como sus Documentos Básicos de desarrollo, y sus posteriores modificaciones, a través de de éstos documentos no solo se pretende actuar sobre la epidermis del edificio como se desarrolla en su DB-HE-1 Limitación de demanda energética, sino que también se incide en otros factores como podemos ver en el resto de documentos básicos, DB-HE-0 Limitación del consumo energético, DB-HE-2 Rendimiento de las instalaciones térmicas, DB-HE-3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, DB-HE-4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria y DB-HE-5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica. Como vemos la regulación incide sobre los principales servicios energéticos en edificios: climatización, iluminación, agua caliente sanitaria y equipamiento así como pretende fomentar el uso de energías renovables, teniendo en cuenta que su reciente modificación introduce el concepto de limitación del consumo energético en función del uso y zona climática.

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

Con objetivo de mejorar la calidad de la edificación y de promover la innovación y sostenibilidad, se aprobó el Código Técnico de la Edificación a través del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. A través de esta normativa se da satisfacción a ciertos requisitos básicos de la edificación así como medidas tendentes al ahorro energético y el uso de energías renovables.

Esta nueva normativa contribuye al desarrollo de las políticas en materia de sostenibilidad, en particular del Plan de Acción de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética.

El Código Técnico de la Edificación crea un marco normativo homologable al existente en los países más avanzados y armoniza la reglamentación nacional existente en la edificación con las disposiciones de la Unión Europea, en concreto en lo relativo a eficiencia energética con respecto a la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre, concretamente lo establecido en los artículos 4, 5 y 6 de esta Directiva.

Con posterioridad, la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios, ha modificado y refundido la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, circunstancia que hace necesario transponer de nuevo al ordenamiento jurídico español las modificaciones que introduce con respecto a la anterior. Consecuencia de esto es la reciente modificación a través de la Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre de 2013, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación [19].

Mediante esta disposición se actualiza el Documento Básico del CTE DB-HE relativo al ahorro energético y se transpone parcialmente al ordenamiento jurídico español, la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, en lo relativo a los requisitos de eficiencia energética de los edificios, establecidos en sus artículos 3, 4, 5, 6 y 7, así como la Directiva 2009/28/CE del

Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009, en lo relativo a la exigencia de niveles mínimos de energía procedente de fuentes renovables en los edificios, establecida en su artículo 13.

El Código Técnico de la Edificación será de aplicación a las edificaciones públicas y privadas cuyos proyectos precisen disponer de la correspondiente licencia o autorización legalmente exigible, igualmente se aplicará a las obras de ampliación, modificación, reforma o rehabilitación que se realicen en edificios existentes siempre y cuando dichas obras sean compatibles con la naturaleza de la intervención y, en su caso, con el grado de protección que puedan tener los edificios afectados. La posible incompatibilidad de aplicación deberá justificarse en el proyecto y, en su caso, compensarse con medidas alternativas que sean técnica y económicamente viables.

Así el CTE en su documento básico DB-HE de Ahorro de Energía, establece seis exigencias energéticas básicas que deben cumplir tanto los edificios nuevos como los que se sometan a rehabilitación.

Estas exigencias son:

1. Limitación del consumo energético, fija el valor límite de consumo de energía primaria no renovable del edificio en kWh/m<sup>2</sup>-año considerando superficie útil de espacios habitados. Para ello habrá que obtener los datos de demandas energéticas en función de la ubicación y de los servicios técnicos del edificio.

2. Limitación de la demanda energética, fijando las características de los cerramientos y de la envolvente térmica de los edificios. 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.

3. Rendimiento de las instalaciones térmicas. Los edificios dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes, regulando el rendimiento de las mismas y de sus equipos. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios, RITE, y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio.

4. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación. Los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural, en las zonas que reúnan unas determinadas condiciones.

5. Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, que deberá producirse con energía solar térmica. En los edificios, con previsión de demanda de agua caliente sanitaria o de climatización de piscina cubierta, en los que así se establezca en el CTE, una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esta demanda se cubrirá mediante la incorporación en los mismos de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura, adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda de agua caliente sanitaria del edificio. Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores que puedan ser establecidos por las administraciones

competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su localización y ámbito territorial.

6. Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica para edificios del sector terciario, dependiendo de su superficie. En los edificios que así se establezca en el CTE se incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos para uso propio o suministro a la red. Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores más estrictos que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su localización y ámbito territorial.

La implantación de esta normativa va a suponer un ahorro energético para cada edificio y con respecto al consumo que tendría el mismo si fuera construido según la legislación anterior de un 30-40% y una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de energía de un 40-55%, según estimaciones del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) [20].

#### **1.2.5. Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE).**

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) [21], establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, para conseguir un uso racional de la energía.

El Consejo de Ministros del 20 de julio de 2007 aprueba un nuevo texto revisado del RITE que deroga el anterior. Se trata del Real Decreto 1027/2007. Con posterioridad se publicó una corrección de errores.

La necesidad de transposición parcial de la Directiva 2002/91/CE de eficiencia energética de edificios así como la armonización con el “Documento Básico de Ahorro de Energía” del Código Técnico de la Edificación, la incorporación de nuevas exigencias de ahorro y eficiencia energética de este tipo de instalaciones y la experiencia de su aplicación práctica durante los últimos años, convergen en la revisión de este Reglamento.

El Real Decreto ha sido elaborado conjuntamente por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y el Ministerio de Vivienda.

Las mayores exigencias en eficiencia energética que establece el RITE, se concretan en:

- Mayor Rendimiento Energético en los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos.
- Mejor aislamiento en los equipos y conducciones de los fluidos térmicos.
- Mejor regulación y control para mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados.
- Utilización de energías renovables disponibles, en especial la energía solar y la biomasa.
- Incorporación de subsistemas de recuperación de energía y el aprovechamiento de energías residuales.
- Sistemas obligatorios de contabilización de consumos en el caso de instalaciones colectivas.
- Desaparición gradual de combustibles sólidos más contaminantes.
- Desaparición gradual de equipos generadores menos eficientes.

Con el fin de facilitar su comprensión y utilización, el RITE se ordena en dos partes:

Una primera parte de disposiciones generales, que contiene las condiciones generales de aplicación del RITE y las exigencias de bienestar, higiene, eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas.

Una segunda parte constituida por las Instrucciones Técnicas (IT), que contiene la caracterización de las exigencias técnicas y su cuantificación, con arreglo al desarrollo actual de la técnica. La cuantificación de las exigencias se realiza mediante el establecimiento de niveles o valores límite, así como procedimientos expresados en forma de métodos de verificación o soluciones sancionadas por la práctica cuya utilización permite acreditar su cumplimiento.

El RITE se aplicará a las instalaciones térmicas en los edificios de nueva construcción o en sus reformas y a las instalaciones térmicas en los edificios existentes, en lo relativo a su reforma, mantenimiento, uso e inspección.

Con el fin de facilitar el cumplimiento de las exigencias del RITE se crean los denominados documentos reconocidos, que se definen como documentos técnicos sin carácter reglamentario, pero que cuentan con el reconocimiento conjunto del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y el Ministerio de Vivienda. De acuerdo con el artículo 7 del RITE se crea un Registro general de documentos reconocidos del RITE, adscrito a la Secretaría General de Energía del Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

El RITE, además impone la obligación de revisar y actualizar periódicamente, al menos cada 5 años, las exigencias de eficiencia energética. Es ésta una tarea que compete a la Comisión Asesora del RITE, encargada de realizar las propuestas conforme a la evolución de la técnica y la política energética nacional.

Este Real Decreto tiene el carácter de reglamentación básica del Estado. Para su aplicación se deberá desarrollar por las Comunidades Autónomas la reglamentación complementaria correspondiente. Esto quiere decir que las Comunidades Autónomas podrán introducir requisitos adicionales sobre las mismas materias cuando se trate de instalaciones radicadas en su territorio.

Consecuencia del Plan de Activación del Ahorro y la Eficiencia Energética 2008-2011 que contiene 32 medidas con el fin de reducir el consumo de energía se hace necesario una modificación del RITE por lo que se publica el Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre. Este Real Decreto además de limitar la instalación a partir del año 2010 de ciertas calderas por razones de rendimiento, así como regular la apertura de puertas de los edificios y locales climatizados con el fin de impedir que estén permanente abiertas con el consiguiente despilfarro energético, limita las temperaturas a mantener en el interior de los establecimientos de edificios y locales climatizados para ciertos usos.

En este Real Decreto se fija una temperatura mínima en verano para este tipo de locales de 26°C, mientras que la máxima en invierno se fija en 21°C, estando la humedad relativa siempre comprendida entre un 30% y 70% [22].

Por último, recientemente se ha publicado en el BOE de 13 de abril (número 2013/89), el Real Decreto 238/2013 por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

La necesidad de transponer la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios, al ordenamiento jurídico español y la exigencia establecida en la disposición final segunda del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, de proceder a una revisión periódica en intervalos no superiores a cinco años de la exigencia de eficiencia

energética, hacen necesario realizar una serie de modificaciones en el actual Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios adaptándolo a las nuevas necesidades de ahorro y eficiencia energética [23].

La Directiva 2010/31/UE establece en su artículo 8 que, a efectos de optimizar el consumo de energía de las instalaciones térmicas de los edificios, los Estados miembros fijarán unos requisitos en relación con la eficiencia energética general, la instalación correcta y el dimensionamiento, control y ajuste adecuados de dichas instalaciones presentes en los edificios existentes.

También la Directiva 2010/31/UE, en su artículo 14 sobre inspección de las instalaciones de calefacción, establece que los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para la realización de una inspección periódica de las partes accesibles de las instalaciones utilizadas para calentar los edificios, tales como el generador de calor, el sistema de control o la bomba o bombas de circulación, cuando la potencia útil nominal de sus calderas sea superior a 20 kW. Esa inspección incluirá una evaluación del rendimiento de la caldera y de su dimensionado en comparación con la demanda de calefacción del edificio. Además las instalaciones de calefacción dotadas de calderas con una potencia útil nominal de más de 100 kW se inspeccionarán al menos cada dos años. De igual forma el artículo 15 establece que los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para la realización de una inspección periódica de las partes accesibles de las instalaciones de aire acondicionado con una potencia útil nominal superior a 12 kW. La inspección incluirá una evaluación del rendimiento del aire acondicionado y de su dimensionado en comparación con la demanda de refrigeración del edificio.

Por otra parte, la aplicación del RITE durante los últimos cinco años ha permitido determinar aquellas cuestiones del mismo que requieren una actualización, bien por haberse quedado obsoletas por la evolución de la técnica, bien por la necesidad de adaptarse a nuevos requerimientos relativos al ahorro y la eficiencia

energética, o bien por establecer de forma más clara y precisa lo que se pretende, evitando en la medida de lo posible diferentes interpretaciones.

Así las principales modificaciones que incorpora son:

- Se amplía, en el ámbito de aplicación del RITE, el concepto de reforma, incluyendo como tal, la ampliación del número de equipos de generadores de calor o frío, así como la sustitución o reposición de un generador de calor o frío por otro de similares características, aunque ello no suponga una modificación del proyecto o memoria técnica.
- Determina la obligación de la disposición de marcado CE en todos los productos que se incorporen en la instalación térmica, con independencia del cambio efectuado, sea considerado o no reforma.
- Aclara la obligación de señalar las intervenciones realizadas en las instalaciones térmicas en el Libro del Edificio, cuando el mismo exista.
- Establece la disposición obligatoria del Certificado Anual de Mantenimiento, únicamente en aquellos casos en que sea obligatorio suscribir contrato de mantenimiento.
- Determina el personal cualificado para llevar a cabo las inspecciones reglamentarias establecidas el RITE, estableciendo que periódicamente, los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, pondrán a disposición del público listados actualizados de expertos cualificados o acreditados o de empresas o entidades acreditadas. Asimismo, el titular de la instalación podrá elegir libremente entre los habilitados para realizar las funciones de inspección.
- Amplia los requisitos necesarios para el ejercicio de la actividad profesional de instalador o mantenedor teniendo en cuenta los recientes requisitos reglamentarios derivados de la manipulación de gases fluorados.
- Finalmente modifica diversas Instrucciones Técnicas establecidas en el RITE.

Concretamente, las instrucciones modificadas son:

- la IT 1.1. “Exigencia de bienestar e higiene”;
- la IT 1.2 “Exigencia de eficiencia energética”;
- la IT 1.3. “Exigencia de seguridad”;
- la IT 3.3 “Programa de mantenimiento preventivo de las instalaciones térmicas”;
- la IT 4.2. “Inspecciones periódicas de eficiencia energética”;
- la IT 4.3. “Periodicidad de las inspecciones de eficiencia energética”.

#### **1.2.6. Real Decreto 235/2013 sobre procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de edificios.**

Las exigencias relativas a la certificación energética de edificios establecidas en la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, se transpusieron en el real decreto 47/2007, de 19 de enero, mediante el que se aprobó un Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, quedando pendiente de regulación, mediante otra disposición complementaria, la certificación energética de los edificios existentes.

Con posterioridad la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, ha sido modificada mediante la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios, circunstancia que hace necesario transponer de nuevo al ordenamiento jurídico español las modificaciones que introduce con respecto a la Directiva modificada.

Consecuencia de esto así como de la experiencia de la aplicación de ésta normativa en los últimos cinco años se ha publicado el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la

eficiencia energética de los edificios [24], con el que se transpone parcialmente la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, en lo relativo a la certificación de eficiencia energética de edificios, refundiendo el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, con la incorporación del Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios existentes.

Este Real Decreto establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios, cuando se construyan, vendan o alquilen, el certificado de eficiencia energética o una copia de este.

El certificado de eficiencia energética deberá incluir información objetiva sobre las características energéticas de los edificios. De esta forma se podrá valorar y comparar su eficiencia energética, con el fin de favorecer la promoción de edificios de alta eficiencia energética y las inversiones en ahorro de energía.

Se establece 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.

De acuerdo con el artículo 3 del citado Real Decreto, se crea un Registro general de documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética, con el fin de facilitar el cumplimiento de este Procedimiento básico. Está adscrito a la Secretaría General de Energía, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, teniendo carácter público e informativo. Los documentos reconocidos con base en el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, quedan incorporados automáticamente.

En la disposición adicional segunda se indica como todos los edificios nuevos que se construyan a partir del 2020 serán edificios de consumo de energía casi nulo, restando dos años a los vayan a estar ocupados y sean de titularidad pública.

En el artículo 14 del Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, se creó la Comisión asesora para la certificación de eficiencia energética de edificios, en la Disposición adicional tercera de Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, nos indica que ésta Comisión sigue existiendo como órgano colegiado de carácter permanente que depende orgánicamente de la Secretaría General de Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Su misión es la de asesorar a los Ministerios competentes en materias relacionadas con la certificación energética.

En cuanto a los anexos del Procedimiento básico del Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, el primero de ellos contiene las especificaciones técnicas de la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética de edificios nuevos, donde se particularizan las características y alcance de los métodos informáticos que podrán utilizarse para el cálculo de las calificaciones de eficiencia energética, y que se hacen necesarios en la mayoría de los casos para llevar a cabo los complejos cálculos con fiabilidad suficiente.

La determinación del nivel de eficiencia energética correspondiente a un edificio nuevo puede realizarse empleando dos opciones, la opción general, de carácter prestacional, a través de un programa informático; y la opción simplificada, de carácter prescriptivo, que desarrolla la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética de una manera indirecta.

La opción general se basa en la utilización de programas informáticos que cumplen los requisitos exigidos en la metodología de cálculo dada en el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero. Se ha desarrollado un programa informático de referencia denominado Calener, promovido por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio a

través del IDAE y la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda del Ministerio de Vivienda.

Este programa cuenta con dos versiones:

- Calener VYP, para edificios de Viviendas y del Pequeño y Mediano Terciario (Equipos autónomos).
- Calener GT, para grandes edificios del sector terciario.

La utilización de programas informáticos distintos a los de referencia está sujeta a la aprobación de los mismos por parte de la Comisión Asesora para la Certificación Energética de Edificios. Esta aprobación se hará de acuerdo con los criterios que se establece en el Documento de Condiciones de Aceptación de Procedimientos Alternativos a Líder y Calener.

La opción simplificada consiste en la obtención de una clase de eficiencia a partir del cumplimiento por parte de los edificios afectados de unas prescripciones relativas tanto a la envolvente del edificio como a los sistemas térmicos de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación. El conjunto de estas prescripciones se denomina solución técnica.

Para la utilización de la opción simplificada es necesaria la proposición de soluciones específicas que tendrán la consideración de documentos reconocidos previa aprobación de los mismos por parte de la Comisión Asesora para la Certificación Energética de Edificios.

Esta aprobación se hará de acuerdo con los criterios que se establecen en el Documento de condiciones de aceptación de Procedimientos Alternativos.

Actualmente se utilizan como herramientas de trabajo para obtener los documentos reconocidos las aplicaciones Calificación Energética Simplificada (CES) y Calificación Energética Residencial Método Abreviado (CERMA).

A través de su Disposición transitoria primera se compromete a que con anterioridad al 1 de junio de 2013 el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, a través del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), como complemento a los procedimientos y programas ya aprobados como documentos reconocidos, pondrá a disposición del público los programas informáticos de calificación de eficiencia energética para edificios existentes, que serán de aplicación en todo el territorio nacional y que tendrán la consideración de documento reconocido y, por otra parte, se procederá a la formación del personal técnico cualificado para realizar las labores necesarias para efectuar la certificación energética de los edificios existentes. Actualmente se está llevando a cabo esta iniciativa contando ya con los programas informáticos CE3 y CE3X así como está llevando a cabo el IDAE una campaña de formación a más de 5000 técnicos certificadores en eficiencia energética [25].

No todos los edificios tendrán la obligación de obtener la calificación energética quedando exentos los siguientes:

- a) Edificios y monumentos protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico.
- b) Edificios o partes de edificios utilizados exclusivamente como lugares de culto y para actividades religiosas.
- c) Construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años.
- d) Edificios industriales, de la defensa y agrícolas o partes de los mismos, en la parte destinada a talleres, procesos industriales, de la defensa y agrícolas no residenciales.
- e) Edificios o partes de edificios aislados con una superficie útil total inferior a 50 m<sup>2</sup>.
- f) Edificios que se compren para reformas importantes o demolición.
- g) Edificios o partes de edificios existentes de viviendas, cuyo uso sea inferior a cuatro meses al año, o bien durante un tiempo limitado al año y con un consumo previsto de energía inferior al 25 por ciento de lo que resultaría de su utilización durante todo el

año, siempre que así conste mediante declaración responsable del propietario de la vivienda.

El certificado de eficiencia energética tendrá una validez de diez años. El propietario podrá voluntariamente proceder a su actualización, cuando considere que existen variaciones en el edificio que pudieran modificarlo.

El certificado de eficiencia energética debe contener como mínimo la siguiente información:

- a) Identificación del edificio o de la parte del mismo que se certifica, incluyendo su referencia catastral.
- b) Indicación del procedimiento reconocido utilizado para obtener la calificación de eficiencia energética.
- c) Indicación de la normativa sobre ahorro y eficiencia energética de aplicación en el momento de su construcción.
- d) Descripción de las características energéticas del edificio: envolvente térmica, instalaciones térmicas y de iluminación, condiciones normales de funcionamiento y ocupación, condiciones de confort térmico, lumínico, calidad de aire interior y demás datos utilizados para obtener la calificación de eficiencia energética del edificio.
- e) Calificación de eficiencia energética del edificio expresada mediante la etiqueta energética.
- f) Para los edificios existentes, documento de recomendaciones para la mejora de los niveles óptimos o rentables de la eficiencia energética de un edificio o de una parte de este, a menos que no exista ningún potencial razonable para una mejora de esa índole en comparación con los requisitos de eficiencia energética vigentes. Las recomendaciones incluidas en el certificado de eficiencia energética abordarán:
  - i. Las medidas aplicadas en el marco de reformas importantes de la envolvente y de las instalaciones técnicas de un edificio, y
  - ii. Las medidas relativas a elementos de un edificio, independientemente de la

realización de reformas importantes de la envolvente o de las instalaciones técnicas de un edificio.

Las recomendaciones incluidas en el certificado de eficiencia energética serán técnicamente viables y podrán incluir una estimación de los plazos de recuperación de la inversión o de la rentabilidad durante su ciclo de vida útil.

Contendrá información dirigida al propietario o arrendatario sobre dónde obtener información más detallada, incluida información sobre la relación coste-eficacia de las recomendaciones formuladas en el certificado. La evaluación de esa relación se efectuará sobre la base de una serie de criterios estándares, tales como la evaluación del ahorro energético, los precios subyacentes de la energía y una previsión de costes preliminar. Por otro lado, informará de las actuaciones que se hayan de emprender para llevar a la práctica las recomendaciones. Asimismo se podrá facilitar al propietario o arrendatario información sobre otros temas conexos, como auditorías energéticas o incentivos de carácter financiero o de otro tipo y posibilidad de financiación. Para ello se podrán aplicar los criterios correspondientes del Reglamento Delegado (UE) n.º 244/2012 de la Comisión, de 16 de enero de 2012 que permite calcular los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios y de sus elementos [26].

g) Descripción de las pruebas y comprobaciones llevadas a cabo, en su caso, por el técnico competente durante la fase de calificación energética.

h) Cumplimiento de los requisitos medioambientales exigidos a las instalaciones térmicas.

La obtención del certificado de eficiencia energética otorgará el derecho de utilización, durante el periodo de validez del mismo, de la etiqueta de eficiencia energética, cuyos contenidos se recogen en el documento reconocido correspondiente a la etiqueta de eficiencia energética, disponible en el Registro general de documentos reconocidos siendo éste uno de los que se incorpora automáticamente en base al derogado Real Decreto 47/2007, de 19 de enero. Se asignará a cada edificio una Clase Energética de eficiencia, que variará desde la clase A, para los energéticamente más

eficientes, a la clase G, para los menos eficientes.

Para la obtención de la escala de calificación, en nuestro país se ha realizado un estudio específico en el que se detalla el procedimiento utilizado para obtener los límites de dicha escala en función del tipo de edificio considerado y de la climatología de la localidad. Este procedimiento ha tomado en consideración las escalas que en la actualidad se sopesan en otros países y, en particular, la propuesta que figura en el documento del CEN prEN 15217 “Energy performance of buildings: Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings”.

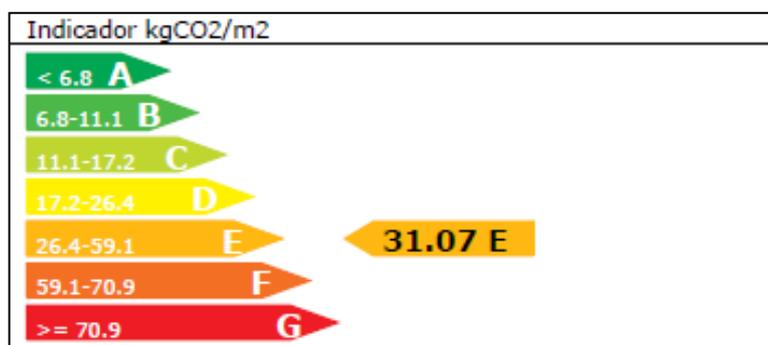


Figura 1.13. Etiqueta de Eficiencia Energética.

### 1.3. LA EVOLUCIÓN EUROPEA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA.

La unión Europea se ha fijado como objetivo conseguir un ahorro de energía primaria del 20% en el año 2020 y ha hecho de ésta meta uno de los cinco objetivos principales de la Estrategia Europea 2020 para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador.

Las últimas estimaciones de la Comisión, que tienen en cuenta los objetivos de eficiencia energética nacionales para el 2020 fijados por los Estados miembros en el contexto de la Estrategia Europa 2020, indican que la Unión Europea conseguirá solo la mitad del objetivo 20% en 2020. El Consejo Europeo y el Parlamento Europeo han instado a la Comisión a que adopte una nueva y ambiciosa estrategia sobre eficiencia

energética para actuar resueltamente, a fin de aprovechar el considerable potencial existente.

Para dar un nuevo impulso a la eficiencia energética, el 8 de marzo del 2011, la Comisión presentó un nuevo Plan de Eficiencia Energética (PEE) en el que se establecían medidas para conseguir nuevos ahorros en el abastecimiento y el uso de energía [27].

Esta propuesta legislativa convierte algunos aspectos del PEE en medidas vinculantes. Su principal finalidad es hacer una aportación significativa a la consecución del objetivo de eficiencia energética de la Unión Europea para 2020. Para que lo consiga, la nueva Directiva debe adoptarse y aplicarse sin demora en los Estados miembros.

La propuesta también va más allá del objetivo del 20% y pretende establecer un marco común para fomentar la eficiencia energética después del 2020. Se trataba de una prioridad estratégica del Programa de trabajo de la Comisión para 2011.

El objetivo consiste en ahorrar un 20% de energía primaria en 2020 comparado con las proyecciones que se hicieron en 2007. Esto supone reducir el consumo primario de energía de la UE en 368 Mtep.

Este nuevo plan de eficiencia energética tiene como objetivo dar un nuevo impulso a las políticas y medidas de apoyo orientadas a la reducción del consumo de energía en los edificios, los bienes de consumo doméstico, los equipos industriales, el transporte, la industria general así como en la generación eléctrica, sectores donde el potencial de ahorro sigue siendo considerable.

Se publica por tanto la Directiva 2012/27/UE, de 25 de octubre, relativa a la eficiencia energética cuyo objetivo es por un lado, establecer un marco común para el fomento de la eficiencia energética dentro de la UE, a fin de asegurar la consecución del objetivo de un 20% de ahorro de energía primaria establecido para el 2020 y por otro lado, preparar el camino para mejoras posteriores de eficiencia energética más allá de esa fecha.

Para alcanzar dicho objetivo la directiva plantea una serie de hitos. Así para

Abril de 2013, cada Estado Miembro deberá establecer un objetivo indicativo de eficiencia energética para el año 2020 y para Junio de 2014, la Comisión deberá informar si con todos estos objetivos, valorados de forma conjunta y junto con los planes nacionales de implementación de los Estados miembros, la UE podrá alcanzar el objetivo del 20% en 2020. Si la UE no está en la senda de cumplimiento, la Comisión propondrá más medidas.

Esta directiva por primera vez establece un objetivo numérico de ahorro mediante la fijación de un objetivo de consumo de energía primaria y final para toda la UE en el 2020 de 1.474 Mtpe y 1.078 Mtpe respectivamente.

La Directiva además propone una serie de medidas como:

Impulso a la rehabilitación energética de edificios, así en Abril de 2014, los Estados miembros deberán diseñar y publicar una Estrategia a largo plazo, para la movilización de inversión en la renovación del parque nacional de edificios existentes, residencial y comercial, tanto públicos como privados.

Fomento de las auditorías energéticas y la gestión energética para lo cual los Estados miembros fomentarán que todos los clientes finales puedan acceder a auditorías energéticas de calidad y económicamente asequibles, realizadas de manera independiente por expertos cualificados y acreditados según criterios cualitativos, o implementadas y supervisadas por autoridades independientes según la legislación nacional. Se consideran que cumplen las auditorías realizadas de manera independiente, que cumplan con los criterios establecidos en un Anexo de esta Directiva y resultantes de sistemas de gestión energética o desarrollados mediante acuerdos voluntarios.

Implantación de sistemas de medición y facturación de energía que permita a los consumidores disponer de la información necesaria para que tomen medidas de ahorro energético.

Promoción de la eficiencia energética en la calefacción y refrigeración, así en el 2015 los Estados miembros deberán realizar una evaluación integral del potencial para cogeneración y calefacción de distrito, con el alcance establecido en un Anexo a esta Directiva, basado en un análisis de costo-beneficio para el que se establecerán criterios en otro Anexo de la Directiva.

Cuando la evaluación identifica un potencial de ahorro cuyo beneficio supera los costos, se deben tomar “medidas adecuadas” para que pueda ser desarrollado. Con ciertas excepciones, los proyectos para la construcción y rehabilitación de centrales térmicas, las instalaciones industriales que generan calor residual y las redes de calefacción de distrito, deberán someterse a un análisis de los costos y beneficios del uso del calor, que de lo contrario podría desperdiciarse. Los resultados deben tenerse en cuenta en los criterios para obtener la autorización y permisos.

Habilitación de procedimientos de cualificación, acreditación y certificación, así en el 2015 y para los Estados miembros que consideren que el nivel nacional de competencia técnica, objetividad y fiabilidad es insuficiente, los Estados garantizarán que se dispondrá de procedimientos de certificación y acreditación o procedimientos equivalentes de cualificación disponibles para los proveedores de servicios energéticos, auditorías energéticas y medidas de mejora de la eficiencia energética, incluidos los instaladores.

Fomento por parte de los Estados miembros del mercado de los servicios energéticos y así mismo facilitarán el acceso a éste de las pequeñas y medianas empresas.

Establecimiento de mecanismos de financiación o uso de los ya existentes para medidas de mejora de eficiencia energética, con objeto de maximizar los beneficios de múltiples flujos de financiación.

Los Estados miembros harán un informe numérico básico sobre los progresos

realizados cada año, junto con un detallado Plan Nacional de Eficiencia Energética cada tres años. La Comisión evaluará estos informes y enviará sus conclusiones al Parlamento y al Consejo. Este podrá hacer recomendaciones a los Estados miembros.

#### **1.4. LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS.**

Aunque a priori pudiera pensarse que “eficiencia energética” es un concepto autoexplicativo y que, por tanto, el alcance del mismo está claramente delimitado, la realidad muestra que se trata de un término polivalente, como lo demuestran las dificultades que encuentran los expertos para ponerse de acuerdo a la hora de establecer indicadores específicos de eficiencia energética. Casi siempre se tiende a sobredimensionar la componente tecnológica de la eficiencia energética frente a otros elementos. Siendo importante, la componente tecnológica no es necesariamente la principal y sobre todo no siempre resulta la más afectada durante la puesta en marcha de cierto tipo de medidas. Por ello, parece oportuno delimitar en lo posible lo que entendemos como eficiencia energética.

Algunos ejemplos pueden servirnos de ayuda. Todos reconocemos como medida de eficiencia energética en edificios el aislamiento de las viviendas, al mantener el nivel de confort con un ahorro de energía. Pero este ahorro energético que se produce a nivel individual no necesariamente se visualiza a nivel del conjunto de la comunidad. Un incremento en el número de viviendas construidas o un aumento de la demanda de confort (más electrodomésticos, aire acondicionado, etc.), pueden enmascarar las mejoras en la eficiencia energética alcanzadas a nivel individual.

En resumen, las mejoras tecnológicas comúnmente asociadas con la eficiencia energética no son los únicos componentes de ésta. Una política de eficiencia energética debe incluir medidas tecnológicas, cambios de comportamiento en el uso de la energía y también modificaciones de índole económica. Por ello, los objetivos de

la política energética europea y española incluyen una apuesta tanto hacia la mejora de la eficiencia de los procesos de transformación, como de la eficiencia en el uso final de la energía.

El 40% del consumo total de la energía en la Unión Europea corresponde a los edificios, por ello la reducción del consumo de energía en este sector constituye una parte importante de las medidas necesarias para reducir la dependencia energética y la emisión de gases de efecto invernadero.

De ésta forma surge la necesidad de ordenar normativamente las medidas que conduzcan a la reducción del gasto energético en el sector de edificación aprovechando el gran potencial de ahorro de energía aún sin explotar reduciendo las grandes diferencias que existen en los Estados miembros de la Unión Europea.

#### **1.4.1. Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de edificios.**

Esta Directiva, transpuesta en España recientemente a través de la modificación del Documento básico de Ahorro de Energía, es adoptada por el Parlamento Europeo el 19 de Mayo de 2010 y Publicada 18 de Junio de 2010.

En ella se insta a los Estados miembros a endurecer los requisitos de eficiencia energética en los edificios, que en el caso español están establecidos en el citado anteriormente documento básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (DB-HE del CTE).

Los requisitos que se fijan para los edificios deberán de ser calculados de forma que presenten un coste óptimo, teniendo en cuenta todos los costes existentes a lo largo de la vida del edificio (energía, mantenimiento...).

Los edificios existentes son uno de los grandes consumidores de energía en el

sector edificación. La Directiva indica que podrán establecerse requisitos a los mismos cuando se rehabiliten.

Además, los edificios rehabilitados deberán de cumplir los requisitos para nuevos edificios cuando sufran una reforma importante (reforma con un presupuesto superior al 25% del valor del edificio, sin contar valor del terreno sobre el que está construido o reforma en la que se renueva más del 25% de los elementos de la envolvente del edificio).

Así mismo, en esta Directiva se insta a la promoción el uso de sistemas de alta eficiencia (generación de energía descentralizada a partir de EERR, cogeneración, redes urbanas de frío y calor, bombas de calor, monitorizado y control...).

Pero la medida de mayor impacto mediático y energético, es que todos los edificios públicos construidos en Europa deben de ser “nearly zero energy buldings” a partir del 31 de diciembre de 2018. Para los edificios de titularidad privada, la fecha límite es el 31 de diciembre de 2020. Los Estados Miembros deberán de presentar planes para la promoción de este tipo de edificios.

Pero esta Directiva introduce 2 incertidumbres:

-En primer lugar, con qué criterio se fijan los niveles mínimos de eficiencia energética. Así su artículo 5, se dice que la Comisión establecerá un marco metodológico comparativo para calcular los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios y sus elementos.

Este marco metodológico ha sido aprobado mediante el Reglamento 244/2012 de 16 de enero de 2012, pero aún está pendiente que cada Estado miembro calcule los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética establecidos en su legislación según el marco anterior.

-En segundo lugar, como se define claramente el “edificio de consumo casi nulo”, ya que en el Artículo 2 de esta Directiva se define de una manera ambigua este concepto de la siguiente manera “edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, [...]. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno”.

Los Estados Miembro deberán de cuantificar esto y justificarlo ante la Comisión Europea.

#### **1.4.2. Implicaciones de la Directiva para España.**

En el caso de los edificios de nueva construcción esta Directiva tiene las siguientes consecuencias:

- Los requisitos de eficiencia energética para los nuevos edificios deberán endurecerse, para lo cual se ha revisado y modificado el documento Base de Ahorro de Energía (DB-HE) del actual CTE.
- La calificación energética de todos los edificios nuevos será elevada. Posibilidad de tener que ampliar la escala añadiendo A+ o A++ o revisar la misma.
- Definición y promoción de “Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo” para distintos usos y zonas climáticas.
- El diseño de edificios de consumo de energía casi nulo implicará una revolución en el proceso de diseño y construcción de los edificios.
- Necesidad de equipos pluridisciplinares colaborando desde concepción de edificio, urbanistas, arquitectos, ingenieros.
- Mayor presencia de sistemas pasivos en edificios (sistemas de protección solar regulables, ventilación natural...).
- Menor peso relativo de las instalaciones de climatización (menor potencia instalada por m<sup>2</sup>), ya que al reducirse considerablemente la cantidad de energía que el edificio puede demandar, las instalaciones térmicas tendrán una menor

potencia.

- Mayor desarrollo de las instalaciones que utilizan fuentes renovables (solar, biomasa, geotérmica).
- La baja cantidad de energía demandada por el edificio, deberá de ser cubierta, en gran parte, por energías renovables producidas en el propio edificio, o cerca del mismo.
- Necesidad de integrar las renovables en el edificio y de coordinar su uso con la energía convencional.
- Necesidad de correcta gestión de los edificios y uso intensivo de las TIC.

En el caso de los edificios existentes, esta Directiva se limita a decir que podrán fijarse requisitos a los mismos e insta a fomentar la rehabilitación mediante políticas de rehabilitación para grandes consumidores y Administración Pública.

#### **1.4.3. Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020.**

Este Plan de acción se redacta como respuesta a lo exigido por la Directiva 2006/32/CE, relativa a la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos, sobre la obligatoriedad de presentar un segundo Plan de Acción nacional de eficiencia energética antes del 30 de junio de 2011, con objetivos a 2016 acordes con el objetivo orientativo de ahorro fijado del 9%. Este nuevo Plan debe incluir un análisis y evaluación del Plan de Acción anterior y utilizar e incrementar el uso de indicadores armonizados de eficiencia y valores de referencia, para la evaluación tanto de las medidas pasadas como de los efectos estimados de las futuras medidas ya programadas (artículo 14.2, Directiva 2006/32/CE).

En este plan se establecen los objetivos 20-20-20 incluidos en el paquete de energía y cambio climático de la Unión Europea, adecuando la política de eficiencia energética a los nuevos escenarios y objetivos de consumo de energía final y primaria al 2020 establecidos por la planificación energética indicativa prevista en el artículo 79

de la Ley 2/2011 de Economía Sostenible [28].

Este Plan es coherente con la política de fomento de las energías renovables que recoge el nuevo Plan de Energías Renovables 2011-2020.

#### **1.4.3.1. Contenido del Plan.**

En él se evalúan los ahorros de energía final y primaria en 2010 (de acuerdo con las recomendaciones metodológicas de la Comisión Europea: base 2004 y 2007) y se establecen los objetivos de ahorro de energía final y primaria en 2016 y 2020, para lo cual se establecen las estrategias y mecanismos de actuación para la mejora de la eficiencia energética, desarrollados mediante medidas de ahorro en 6 sectores (Industria, Transporte, Edificación y Equipamiento, Servicios Públicos, Agricultura y Transformación de la Energía).

Además, el plan incluye las necesidades de financiación, un análisis coste-beneficio y un estudio de los impactos socioeconómicos asociados a la eficiencia energética (en términos de PIB y empleo).

#### **1.4.3.2. Objetivos de ahorro.**

Los objetivos de ahorro establecidos en el Plan para los años 2016 y 2020, se pueden resumir en la siguiente tabla:

	AHORROS E. FINAL (ktep)			AHORROS E. PRIMARIA(ktep)		
	2010	2016	2020	2010	2016	2020
INDUSTRIA	-2.866	2.489	4.489	-5.717	2.191	4.996
TRANSPORTE	4.561	6.921	9.023	4.909	8.680	11.752
EDIFICACIÓN Y EQUIPAMIENTO	2.529	2.674	2.867	4.189	5.096	5.567
SERVICIOS PÚBLICOS	29	56	125	67	131	295
AGRICULTURA Y PESCA	467	1.036	1.338	350	1.289	1.665
<b>TOTAL sectores finales</b>	<b>4.720</b>	<b>13.176</b>	<b>17.842</b>	<b>4.029</b>	<b>17.347</b>	<b>24.274</b>
TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA				7.019	9.172	11.311
Refino de petróleo				39	-137	-88
Generación eléctrica (no CHP)				6.909	8.169	9.701
Cogeneración				71	1.141	1.699
<b>TOTAL sectores finales + Transformación energía</b>	<b>4.720</b>	<b>13.176</b>	<b>17.842</b>	<b>11.047</b>	<b>26.519</b>	<b>35.585</b>

Tabla 1.1. Resumen de objetivos de ahorro del Plan 2011-2020.

De esta tabla se pueden extraer los objetivos de ahorro para el 2020 siguientes:



**NUEVO PA 2011-2020**

**OBJETIVOS DE AHORRO 2020; ANÁLISIS SECTORIAL:**

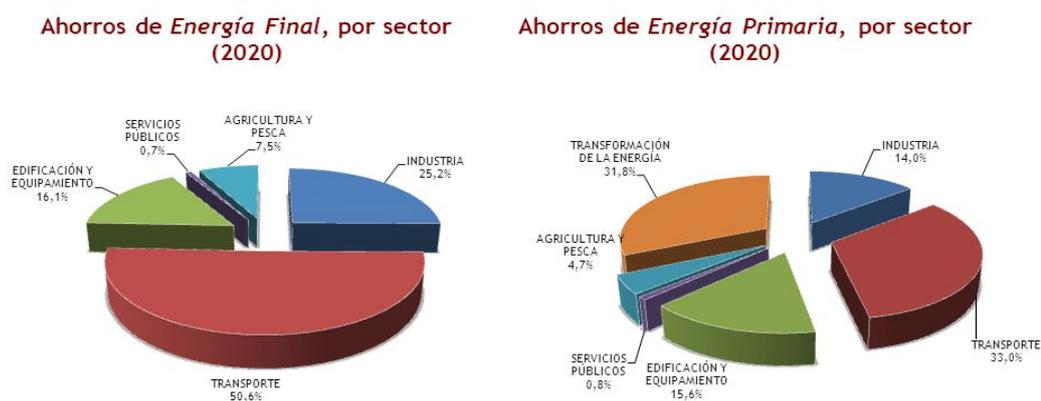


Figura 1.14. Objetivos de ahorro para el año 2020 del Plan 2011-2020.

Es decir, el 50% del objetivo de ahorro en energía final establecido para España debe ser aportado por el sector transporte, seguido por la industria y el sector de edificación y equipamiento. No obstante, si consideramos el objetivo de ahorro en energía primaria, se observa que la contribución a dicho objetivo por parte de cada sector consumidor cambia, siendo el sector transporte y de transformación de la energía los que más contribuyen seguidos por el sector de edificación y equipamiento.

#### **1.4.3.3. El sector de la edificación en el plan.**

A efectos de este Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020, el Sector Edificación y Equipamiento comprendía, los servicios que tienen un mayor peso sobre el consumo energético de los edificios, esto es las instalaciones térmicas de calefacción, climatización, ventilación y producción de agua caliente sanitaria, las instalaciones de iluminación interior, así como el resto de equipamiento habitual en función de los sectores de actividad (electrodomésticos, frío comercial e industrial, ofimática, etc.).

El consumo de energía final del Sector Edificación y Equipamiento ascendió, en el año 2010, a 24.391 ktep, sobre un consumo total nacional para usos energéticos de 93.423 ktep, lo que representó el 26,1% del consumo de energía final nacional para usos energéticos.

De este consumo, 16.377 ktep correspondieron al sector de edificios de uso doméstico, es decir un 17,5% del consumo energético nacional y 8.014 ktep al sector de edificios destinados a servicios, que representaban un 8,6% sobre el consumo energético total nacional.

De la distribución del consumo de energía final para edificios del sector servicios y doméstico, se podía concluir que la instalación de mayor consumo en edificios de servicios era la calefacción y refrigeración, mientras que para las viviendas

era la calefacción y el agua caliente sanitaria.

Por tanto, se ha establecido un objetivo de ahorro referido al año 2007 para este sector de 2.673 ktep y 2.867 ktep para el año 2016 y 2020 respectivamente, teniendo en cuenta los datos anteriores, la normativa energética de ese momento y la futura, así como la previsión de la evolución del consumo de energía en el Sector Edificación y Equipamiento y especialmente en las viviendas, que estará afectada en el periodo 2011-2020 por dos indicadores: la evolución de la población y del número de viviendas.

#### **1.4.3.4. Medidas de ahorro para el sector edificación.**

Para alcanzar dichos objetivos se establecen 7 medidas para este sector con el siguiente alcance:

Medida nº1: Rehabilitación energética de la envolvente térmica de los edificios existentes

En total se contempla rehabilitar la envolvente de 581 millones de m<sup>2</sup> de superficie construida, para lo que se requerirá una inversión en sobrecoste por tecnología eficiente de 5.594 M€.

Medida nº2: Mejora de la Eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existentes.

Se necesita actuar sobre 82.000 MW térmicos, para lo que se requerirá una inversión en sobrecoste por tecnología eficiente de 7.258 M€.

Medida nº3: Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior en los edificios existentes. Supondrá actuar sobre 200 millones de m<sup>2</sup> de superficie construida en edificios del sector terciario durante el periodo del Plan, lo que requerirá una inversión en sobrecoste por tecnología eficiente de 8.763 M€.

Además de esta actuación, será necesario sustituir 34 millones de lámparas incandescentes por tecnologías eficientes en el sector doméstico, proceso que se deberá producir de forma natural, debido a las restricciones a su comercialización impuestas por la UE.

Medida nº4: Construcción de nuevos edificios y rehabilitación integral de existentes con alta calificación energética

Se contempla promover la construcción y rehabilitación de 82 millones de m<sup>2</sup>, para lo que se requerirá una inversión en sobrecoste por tecnología eficiente de 4.868 M€.

Medida nº5: Construcción o rehabilitación de edificios de consumo de energía casi nulo

Se propone promover la construcción o rehabilitación energética de edificios hasta alcanzar una superficie de 100.000 m<sup>2</sup> durante el periodo del Plan, con una inversión en sobrecoste por tecnología eficiente de 19 M€.

Medida nº6: Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de frío comercial

En total se contempla promover actuaciones sobre un parque con una potencia instalada de 10MW eléctricos durante todo el periodo del Plan, para lo que se requerirá una inversión en sobrecoste por tecnología eficiente de 20 M€.

Medida nº7: Mejora de la eficiencia energética del parque de electrodomésticos. En total se deberá sustituir 3 millones de electrodomésticos durante todo el Plan, con una inversión en sobrecoste por tecnología eficiente de 800 M€.

Con estos alcances definidos para cada medida, se obtendrán los siguientes ahorros por medida:

	Ahorros de energía final (ktep)		Ahorros de energía primaria (ktep)	
	2016	2020	2016	2020
<b>EDIFICACIÓN Y EQUIPAMIENTO</b>	2.674	2.867	5.096	5.567
Rehabilitación energética de la envolvente térmica de los edificios existentes	775	775	1.319	1.329
Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existentes	908	908	1.546	1.558
Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior en los edificios existentes	674	842	1.588	1.986
Construcción de nuevos edificios y rehabilitación de existentes con alta calificación energética	224	247	425	473
Construcción o rehabilitación de edificios de consumo de energía casi nulo	0,4	0,8	0,8	1,5
Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de frío comercial	0,8	1,6	1,9	3,8
Mejora de la eficiencia energética del parque de electrodomésticos	92	92	216	216

Tabla 1.2. Previsión de Ahorro Energético por medidas según Plan 2011-2020.

## BIBLIOGRAFÍA.

[1] La Energía en España 2011. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Secretaría de Estado de Energía.

[2] Proyecto SECH-SPAHOUSEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Informe final. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE).

[3] Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020. 2º Plan de acción Nacional de Eficiencia Energética en España 2011-2020. 9- Edificación y Equipamiento. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE).

[4] Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012. Sector Edificación. 5 de Noviembre de 2003. Ministerio de Economía.

[5] Agencia Internacional de la Energía o AIE (en inglés International Energy Agency IEA) es una organización internacional formada por 28 países cuya finalidad es asegurar energía adquirible y limpia a través de las políticas energéticas de sus estados miembros.

[6] Directiva 2002/91/CE, de 16 de diciembre, relativa a la eficiencia energética de los edificios.

[7] ManagEnergy. (2010). Key Information related to energy efficiency.

[8] Comisión Europea (2011). Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050.

Extraído de: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P7-TA-2012-0086+0+DOC+XXML+V0//ES>.

[9] Directiva 2010/31/UE, de 19 de mayo, relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición).

[10] Elsberg, M. (2010). European Commission. The new European Directive on Energy Performance of Buildings.

Extraído de: [http://www.wsed.at/fileadmin/redakteure/WSED/2010/download/presentations/Elsberger\\_NEU.pdf](http://www.wsed.at/fileadmin/redakteure/WSED/2010/download/presentations/Elsberger_NEU.pdf)

[11] European Commission. (2010). Energy Efficiency in Buildings.

Extraído de: [http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/buildings\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/buildings_en.htm)

[12] Una nueva directiva sobre eficiencia energética. Desafíos y Respuestas. Dirección General de Energía. Comisión Europea. 22 de junio de 2011.

Extraído de: [http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/buildings\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/buildings_en.htm)

[13] Directiva 2012/27/UE, de 25 de octubre, relativa a la eficiencia energética.

[14] IDAE (2007), Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energetica en España 2004 – 2012, E4.

Extraído de: [http://www.idae.es/index.php/moddocumentos/mem.descarga?file=/documentos/Resumen\\_Ejecutivo\\_Plan\\_de\\_Accion\\_2008-2012](http://www.idae.es/index.php/moddocumentos/mem.descarga?file=/documentos/Resumen_Ejecutivo_Plan_de_Accion_2008-2012)

[15] Aprobado el Plan 2000ESE para promover la eficiencia energética en edificios públicos Impulso a la Contratación de Servicios Energéticos.

Extraído de: <http://www.minetur.gob.es/es-es/gabineteprensa/notasprensa/documents/npplan2000ese160710.pdf>

[16] NBE CT-79. Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79: Condiciones térmicas en los

edificios. Dirección General de Arquitectura y Vivienda. Madrid, 1979.

[17] Reglamento de Instalaciones de Calefacción y ACS (RICACS). Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria con el fin de racionalizar su consumo energético e Instrucciones Técnicas Complementarias I.T.I.C. Dirección General de la Energía, Dirección General de Arquitectura y Vivienda. Madrid, 1981.

[18] Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

[19] Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación. Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre de 2013, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación.

[20] Fuente IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético).

[21] Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios.

[22] Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre por el que se modifica el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios.

[23] Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.

[24] Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento

básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.

[25] Plan de formación en certificación de edificios existentes.

Extraído de: [http://www.idae.es/PFCEE/certificacion\\_edificios.html](http://www.idae.es/PFCEE/certificacion_edificios.html)

[26] Directrices que acompañan al Reglamento delegado (UE) nº 244/2012, de la comisión de 16 de enero de 2012, que complementa la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética de los edificios, estableciendo un marco metodológico comparativo para calcular los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios y sus elementos.

[27] Plan de Eficiencia Energética 2011. Bruselas 8 de marzo de 2011.

[28] Planificación Energética indicativa según lo dispuesto en la Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía sostenible. Ministerio de Economía.

# **CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS BASADAS EN MEDIDAS**

## 2.1. CONCEPTOS GENERALES.

Previo a la realización de un análisis energético de un edificio será necesario proceder a la caracterización energética de manera que se disponga de suficiente información con el fin de poder conseguir diversos objetivos dentro del comportamiento energético, algunos de estos objetivos son poder comparar el ahorro energético llevado a cabo en un edificio consecuencia de la aplicación de ciertas medidas de eficiencia, también se puede medir el consumo actual de un edificio frente al calculado en la fase de diseño, o como el caso de la presente tesis comparar el consumo energético en distintos edificios obteniendo datos extrapolables a edificios de usos y características similares dentro del sector terciario.

Debido a la gran cantidad de métodos utilizados para la caracterización y análisis del comportamiento energético de edificios es difícil comparar los datos obtenidos mediante distintos procedimientos, no encontrando un carácter universal de la terminología usada.

Pretendiendo acabar con éste problema la Norma 105 de ASHRAE, Standard Methods for Measuring, Reporting and Comparing Building Energy Performance (ASHRAE, 1999), revisada en el año 2007 [1], proporciona un método de comparación de eficiencia energética pudiendo ser utilizado para cualquier edificio, nuevos o existentes, así como indica las características principales a tener en cuenta en la redacción de informes de eficiencia energética.

Con ésta norma se pretende, principalmente en el sector terciario, fomentar la uniformidad de la información energética edificatoria obtenida facilitando de éste modo la implementación de mejoras energéticas y la comparación entre modelos.

En el ámbito europeo se han desarrollado diversas normas como apoyo a la Directiva 2002/91/CE [2] relativa a la eficiencia energética de edificios. Entre ellas se

encuentran la EN 15203 (CEN EN 15203, 2007) [3] y la norma EN 15217 (CEN EN 15217, 2007) [4], que definen los indicadores energéticos a considerar para la evaluación del comportamiento energético en edificios y propone algunas directrices acerca de la metodología para la obtención de los mismos en edificios existentes a partir de diversas medidas.

El principal objeto es indicar la metodología más adecuada para la obtención de la información energética en edificios existentes.

## **2.2. METODOLOGÍA.**

Para la caracterización energética de un edificio es necesario definir los indicadores que nos proporcionarán la información necesaria para conocer el funcionamiento energético, también habrá que obtener los datos del propio edificio así como la actividad que se desarrolla en él.

Para la obtención de las características energéticas de edificios basadas en medidas se utilizará una metodología que consta de tres etapas fundamentalmente:

1. Definir los indicadores energéticos, ya que serán los factores empleados para analizar y evaluar el comportamiento energético de los edificios.
2. Establecer un protocolo para la toma de datos y medida de los parámetros energéticos del edificio.
3. Desarrollar los procedimientos para la obtención de los indicadores energéticos a partir de los datos disponibles.

Según se explica en el informe final de octubre de 2005 [5] del proyecto desarrollado por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL) del Departamento de Energía de EE.UU para la medida del comportamiento energético de

edificios, pueden distinguirse dos metodologías de caracterización energética de un edificio: la basada en facturas y la basada en monitorización.

La caracterización energética basada en facturas genera resultados totales de consumo, diferenciando por tipo de energía y en intervalos de uno o varios meses, dependiendo de la periodicidad de las lecturas de los contadores de energía. Esta metodología no sólo se basa en datos procedentes de facturas energéticas, también requerirá datos adicionales del edificio como por ejemplo la ocupación, los cerramientos que lo componen, el tipo de actividad que se desarrolla.

Por el contrario, la caracterización energética basada en monitorización proporciona información detallada del uso energético del edificio, como por ejemplo la evolución horaria del consumo de ciertos equipos en particular o de la temperatura de una determinada zona del edificio. En este caso será necesario recurrir a la instalación de sistemas de adquisición de datos para la monitorización adecuada del edificio.

### **2.3. SISTEMAS DE OBTENCIÓN DE DATOS.**

Para la obtención de los parámetros necesarios para conocer la información detallada del uso energético de un edificio es necesario contar con una serie de equipos de medida mediante los cuales monitorizamos el edificio proporcionándonos los datos necesarios con los que desarrollar nuestro estudio de consumos y usos de la energía. Algunos de los equipos que se utilizan son los siguientes.

#### **2.3.1. Analizador de redes eléctricas.**

Instrumento de medida que mide directamente o calcula los diferentes parámetros eléctricos de la red, normalmente en baja tensión: potencias y energía activa, reactiva y aparente, factor de potencia y armónicos, tensiones y corrientes de fase, curvas de carga, detectando ineficiencias en el consumo. Todos los equipos de

este tipo disponen, además, de la posibilidad de memorizar y/o registrar dichos parámetros mediante diversas funciones de programación.

### **2.3.2. Cámara termográfica.**

La termografía es un método de inspección y análisis mediante la obtención de imágenes de la distribución de la temperatura de los objetos. Con ayuda de la termografía se pueden registrar y esquematizar mediciones de temperatura sobre áreas. Con la termografía se describe la percepción de la emisión de calor de objetos, máquinas, edificios, etc. Gracias a la termografía se puede obtener una idea exacta sobre posibles pérdidas térmicas o determinar fuentes de calor.

Con la termografía se puede verificar adecuadamente el aislamiento del edificio, permitiendo localizar, identificar y evaluar deficiencias en la envolvente del mismo. Es de gran utilidad en la detección de deficiencias de aislamiento, fugas de calor e infiltraciones de aire.

Permite detectar puentes térmicos (en forjados, en marcos de ventana), el estado del aislamiento (falta de material aislante, puesta en obra incorrecta), así como infiltraciones y corrientes de aire no deseadas.

También es de aplicación en la supervisión del funcionamiento de sistemas de calefacción o refrigeración y de instalaciones eléctricas.

Observando el comportamiento térmico de los componentes pueden detectarse los defectos y las causas de una forma rápida y sin interferir en el sistema, es aquí donde la termografía se convierte en un método indispensable para el mantenimiento preventivo y predictivo.

### **2.3.3. Luxómetro.**

Mide los niveles de iluminación o iluminancia (lux) sobre una determinada superficie. Normalmente se trata de equipos muy sencillos y ligeros, formados por el analizador y la sonda fotosensible.

#### **2.3.4. Termohigrómetro.**

Permite registrar temperaturas y humedades relativas, tomando y almacenando datos a intervalos de tiempo predefinidos para su posterior análisis.

#### **2.3.5. Medidas de infiltraciones.**

El aire frío invernal penetra en los edificios y enfría el aire por mezcla. En verano, el aire caliente eleva la temperatura interior. Además de las ventanas y puertas, toda abertura es responsable de las infiltraciones de aire en un edificio como sucede con los conductos de chimenea, ventilaciones en baños, etc. El espectro es muy amplio, pero todas ellas tienen en común la existencia de una comunicación entre el interior y el exterior.

Para medir las infiltraciones de aire en una estancia, existe un método de medida basado en una puerta que cierra la sala que lleva acoplada un ventilador y unos manómetros.

El ventilador debe someter a la estancia objeto de la medida a una sobrepresión superior a 100 Pa, para que puedan tomar validez los ratios de infiltraciones que define el CTE en su Documento Básico HE1.

#### **2.3.6. Anemómetro.**

Registra la velocidad de corrientes de aire o gases, por ejemplo de los sistemas de climatización.

#### **2.3.7. Analizador de gases de combustión.**

Proporciona la medida del rendimiento de calderas y quemadores o grupos térmicos, el coeficiente de exceso de aire, la composición de los humos, etc, permitiendo analizar las pérdidas de calor sensible por inquemados.

### **2.3.8. Caudalímetro.**

Son instrumentos concebidos para medir el caudal de fluido circulante por una tubería, generalmente agua y aire.

### **2.3.9. Software.**

Programas informáticos utilizados para la simulación y el análisis de datos.

## **2.4. LA MONITORIZACIÓN ENERGÉTICA DINÁMICA.**

Otro de los sistemas de obtención de datos energéticos que actualmente se está utilizando es la monitorización energética dinámica, sistema mediante el cual se obtiene la información en tiempo real de los consumos energéticos y los datos relacionados con estos, consumo de energía eléctrica, de diesel, de gas, consumo de agua, medida de la iluminación, la temperatura y la humedad.

Mediante éste sistema se proporcionan datos exactos de consumos lo que hace más fácil actuar para obtener mejoras energéticas así como se puede comprobar que las medidas aplicadas generan ahorros y cuantificar éstos.

El sistema de funcionamiento se realiza a través de una red de sensores inalámbricos en cada uno de los puntos en donde sea necesario medir una variable, como por ejemplo, la temperatura, o el grado de iluminación. Estos sensores constituyen a su vez una red de nodos que confluyen en un ordenador, desde donde se monitoriza todo el sistema, que permite saber en tiempo real donde se gasta energía y donde se puede ahorrar, programándose para que se modifiquen según las necesidades reales. Como funcionalidad adicional, es posible controlar todo el sistema a distancia, vía web, con cualquier dispositivo con acceso a Internet (tablet, portátil,...). Por último, éste tipo de sistemas están pensados para reevaluar de forma continua los sistemas energéticos del edificio, y por tanto, su uso permite la introducción de mejoras futuras.

## 2.5. EL PROYECTO EUROCLASS.

Para el cálculo del consumo de energía de edificios residenciales existentes, así como el desarrollo de una metodología para clasificar su comportamiento energético encontramos el proyecto EUROCLASS [6], cuyo objetivo es el desarrollo de una metodología europea usando técnicas experimentales y teóricas adecuadas.

Dentro de este proyecto se distinguen también dos metodologías mediante el desarrollo de dos protocolos alternativos para la caracterización: uno basado en facturas, Billed Energy Protocol (BEP), y otro basado en monitorización del edificio, Monitored Energy Protocol (MEP).

El BEP se basa completamente en el contenido de las facturas energéticas recogidas durante el periodo de un año y en los datos procedentes de la denominada fase de auditoría, en la que se lleva a cabo la inspección y la recogida de información relativa a las características energéticas del edificio.

El MEP también hace uso de la información procedente de las facturas energéticas y de los datos procedentes de la fase auditoría. Además lleva a cabo el estudio durante un mínimo de dos semanas de las variables climáticas, de la temperatura en el interior del edificio y de los consumos parciales de energía que permitirán conocer con mayor fiabilidad el uso energético del edificio. Esta se considera una metodología alternativa al BEP en el caso de que no se cumplan una serie de requisitos que garanticen la fiabilidad de los resultados obtenidos.

La monitorización de los edificios supone un sistema de caracterización costoso, dado que requiere gran cantidad de recursos y de tiempo. De hecho, según los resultados del proyecto EUROCLASS, se estiman necesarias entre dos y diez semanas de monitorización para el caso del Protocolo basado en monitorización (MEP)

frente a las cuatro horas de inspección del edificio que requiere el Protocolo basado en facturas (BEP).

El conjunto de procedimientos a desarrollar para la caracterización energética de edificios en base a medidas depende de la metodología elegida.

La metodología de caracterización basada en facturas consta de los siguientes procedimientos:

- Protocolo de inspección técnica del edificio o auditoría.
- Métodos de ajuste o normalización de medidas.
- Métodos de desglose de medidas.

La metodología de caracterización basada en monitorización consta de los siguientes procedimientos:

- Protocolo de inspección técnica del edificio o auditoría.
- Protocolos de monitorización del edificio.
- Métodos de ajuste o normalización de medidas.
- Métodos de desglose de medidas (si la monitorización es limitada).

## **2.6. LAS AUDITORÍAS ENERGÉTICAS.**

### **2.6.1. Concepto.**

La Auditoría energética es un proceso sistemático mediante el que:

- Se obtiene un conocimiento suficientemente fiable del consumo energético de un determinado entorno.
- Se detectan los factores que afectan al consumo de energía.
- Se identifican, evalúan y ordenan las distintas oportunidades de ahorro de energía, en función de su rentabilidad.

Así, de acuerdo a la definición anterior, podríamos identificar los siguientes objetivos principales de la realización de la auditoría:

- Obtener un conocimiento fiable de los consumos energéticos.
- Identificar dónde y cómo se consume la energía y los factores que afectan a su consumo.
- Mejorar las condiciones de contratación de la energía eléctrica y de combustibles.
- Detectar y evaluar las oportunidades de ahorro y de mejora de la eficiencia energética.
- Analizar las posibilidades de utilización de energías renovables.

### 2.6.2. Etapas de las Auditorías Energéticas.

El proceso de la auditoría debe siempre comenzar mediante el desarrollo de unas actividades previas que nos conducirán al Plan de Auditoría definiendo y planificando las actividades a desarrollar mediante una metodología que puede constar de cinco etapas según se observa en el diagrama siguiente.

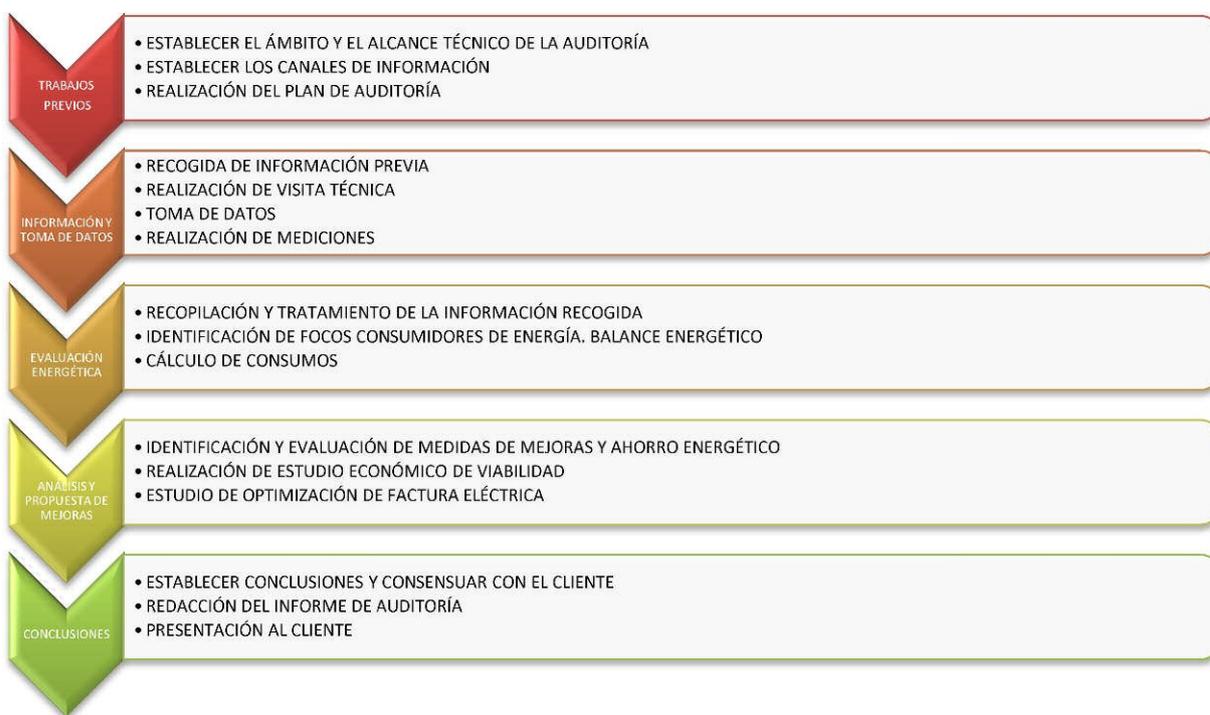


Figura 2.1. Diagrama de metodología para la realización de la Auditoría Energética.

La metodología de las Auditorías Energéticas se basa principalmente en cuatro etapas:

La primera es la determinación del estado real mediante la recogida de información tomando los datos de los consumos, realizando mediciones y para facilitar el tratamiento de los datos se discriminan por usos (calefacción, refrigeración, iluminación, ventilación, ACS y energía eléctrica para otros usos).

El siguiente paso es el tratamiento de la información recogida, comparando lo que sucede con lo que realmente debería estar sucediendo, identificando de ésta forma consumos desproporcionados o focos de pérdidas energéticas. Las diferencias entre lo que ocurre y lo que debe ocurrir se deben normalmente a tres factores: condiciones climatológicas diferentes entre las que rigieron durante los años que corresponden con las facturas disponibles y el año meteorológico que se empleó para hacer la simulación, comportamiento del usuario del edificio y mantenimiento de la instalación.

La tercera etapa, está constituida por la identificación y evaluación de Medidas de Ahorro de Energía (MAES) realizando un estudio económico de viabilidad. Cada una de estas medidas debe ser evaluada mediante las correspondientes simulaciones empleando los programas al uso o mediante herramientas simplificadas.

La última etapa una vez definidas las MAES a aplicar es el seguimiento de éstas llevando a cabo su mantenimiento en el tiempo.

En la siguiente figura se observa como se desarrolla el procedimiento de aplicación de mejoras de ahorro energético.



Figura 2.2. Diagrama metodología para la aplicación de Mejoras de Ahorro energético.

### 2.6.3. Tipos de Auditorías Energéticas.

En lo que se refiere al tipo de auditorías existen varias opciones a la hora de clasificarlas, atendiendo a diferentes puntos de vista. En el diagrama siguiente encontramos una clasificación basada en una serie de estos criterios.



Figura 2.3. Criterios de clasificación de las Auditorías Energéticas.

#### **2.6.4. Fundamentos generales de las Auditorías Energéticas.**

La Directiva 2012/27/UE, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética [7] define las auditorías energética en su artículo 2 como “todo procedimiento sistemático destinado a obtener conocimientos adecuados del perfil de consumo de energía existente de un edificio o grupo de edificios, de una instalación u operación industrial o comercial, o de un servicio privado o público, así como para determinar y cuantificar las posibilidades de ahorro de energía a un coste eficiente e informar al respecto”.

En ésta directiva se indica que las auditorías energéticas tienen que ser obligatorias y periódicas para las grandes empresas ya que el ahorro de energía obtenido puede ser significativo. Las auditorías energéticas deben tener en cuenta las normas europeas o internacionales pertinentes, como EN ISO 50001 (sistemas de gestión de energía), o EN 16247-1 (auditorías energéticas), o, si incluyen una auditoría energética, EN ISO 14000 (sistemas de gestión ambiental), y, por lo tanto, ser asimismo conformes con lo dispuesto en el anexo VI de la Directiva 2012/27/UE, ya que dichas disposiciones no van más allá de los requisitos de dichas normas pertinentes. Actualmente está en fase de desarrollo una norma europea específica sobre auditorías energéticas.

En el artículo 8 de la Directiva 2012/27/UE se trata el tema de las auditorías energéticas indicando que se deberá garantizar la calidad de estas y los sistemas de gestión energética, fijando los Estados miembros unos criterios mínimos, transparentes y no discriminatorios, basados en el anexo VI. En el anexo se desarrollan las criterios mínimas para las auditorías energéticas, incluidas las realizadas como parte de sistemas de gestión energética que serán los siguientes:

a) deberán basarse en datos operativos actualizados, medidos y verificables, de consumo de energía y (en el caso de la electricidad) de perfiles de carga;

b) abarcarán un examen pormenorizado del perfil de consumo de energía de los edificios o grupos de edificios, o de las operaciones o instalaciones industriales, con inclusión del transporte;

c) se fundamentarán, siempre que sea posible, en el análisis del coste del ciclo de vida antes que en períodos simples de amortización, a fin de tener en cuenta el ahorro a largo plazo, los valores residuales de las inversiones a largo plazo y las tasas de descuento;

d) deberán ser proporcionadas y suficientemente representativas para que se pueda trazar una imagen fiable del rendimiento energético global, y se puedan determinar de manera fiable las oportunidades de mejora más significativa.

Las auditorías energéticas permitirán la realización de cálculos detallados y validados para las medidas propuestas, facilitando así una información clara sobre el potencial de ahorro.

Deberán poderse almacenar los datos empleados en las auditorías energéticas para fines de análisis histórico y trazabilidad del comportamiento energético.

Por otra parte tenemos la EN 16247-1 - Auditorías Energéticas- [8] que es una norma que ha sido desarrollada con la colaboración de importantes expertos del sector en Reino Unido, procedentes de organismos como ESTA, el Energy Institute, el Institute of Chemical Engineers and Energy Services y la Technology Association.

Fue creada en respuesta a la Directiva de 2006 de la Unión Europea sobre la Eficiencia del Uso de la Energía y los Servicios Energéticos, una medida propuesta ya para ser remplazada por la Directiva de Eficiencia Energética de la Comisión Europea, que ordena a los países miembros crear auditorías energéticas periódicas en las grandes organizaciones.

La norma EN 16247-1 define los atributos de una auditoría energética de calidad, orientando los objetivos de la organización para asegurar la claridad y la transparencia. La norma es aplicable a organizaciones comerciales, industriales, privadas o públicas, y complementa el reconocimiento internacional de la Norma ISO

50001:2011 de Sistemas de Gestión de la Energía, que identifica la necesidad de auditorías energéticas claras y transparentes.

Esta norma europea especifica los requisitos, metodología común y los entregables para las auditorías energéticas. Esta parte cubre los requisitos generales comunes a todas las auditorías energéticas. Esta norma es apropiada para todo tipo de organizaciones, independientemente de su sector o tamaño. Los requisitos específicos de auditoría energética completarán los requisitos generales establecidos en partes separadas dedicadas a las auditorías energéticas para edificios, procesos industriales y de transporte.

Existe el proyecto de Norma, PNE-prEN 16247-2, Auditorías energéticas. Parte 2: Edificios [9], que sustituirá a la UNE 216501:2009 Título español Auditorías energéticas.Requisitos.[10]

Su aplicación práctica consiste en el desarrollo operativo de la metodología para el análisis de las distintas variables energéticas que entran en juego en los balances de energía, los métodos para su medida, equipos de análisis necesarios, así como los niveles y rangos en que se mueven estas variables. Todo ello, de tal forma que el equipo auditor tenga la herramienta necesaria para la elaboración, implantación y seguimiento del balance energético requerido para la optimización del proceso o conjunto de procesos que tienen lugar en la instalación a auditar.

No existe una metodología de aceptación generalizada para realizar las auditorías, lo que implica que bajo ese término se pueden englobar estudios del consumo de edificios muy dispares en cuanto a contenidos y precios, haciendo que la calidad de las auditorías sea en muchas ocasiones insuficiente.

En España existe una carencia de modelos unificados de auditorías y estudios energéticos, que está siendo abordado por medio de la publicación de normas UNE en

las que se establecen los requisitos y el alcance mínimos, así como el procedimiento de trabajo y estándares de calidad objetivo.

Hasta que no se apruebe la parte 2 de la norma EN 16247-1 – Auditorías Energéticas referente a edificios seguirá en vigor la norma UNE 216.501:2009 "Auditorías energéticas. Requisitos", publicada en 2009. El objeto de la norma UNE 216501 es describir los requisitos que debe tener una auditoría energética para que, realizada en distintos tipos de organismos pueda ser comparable y describa los puntos clave donde se puede influir para la mejora de la eficiencia energética, la promoción del ahorro energético y evitar emisiones de gases de efecto invernadero. Esta norma se aplicará de forma voluntaria en cualquier tipo de organización independientemente de su tamaño y actividad, que utilice energía en cualquiera de sus formas.

La metodología propuesta por la norma UNE 216.501:2009 "Auditorías energéticas. Requisitos" es la siguiente:

- Análisis de los suministros energéticos: Energía eléctrica, combustibles, autoproducción y otras fuentes.
- Estudio del proceso de producción: Identificación de las operaciones básicas y las formas de energía que utilizan, horarios, equipos utilizados, etc.
- Estudio de las tecnologías horizontales y servicios: Estudio de los consumos, características, estado actual y propuesta de mejoras para: Cerramientos, sistema eléctrico, iluminación, acondicionamiento térmico, aire comprimido, ACS, sistemas de recuperación de calor, equipos de frío, motores eléctricos, otros (grupos electrógenos, depuradoras, etc).
- Medición y recogida de datos: Mediante la visita de campo se realizará la inspección de instalaciones y toma de datos. Los equipos deben ser manejados por personal cualificado y estar calibrados. Se tendrá en cuenta normativa de referencia o normas de otros países sobre cómo realizar las mediciones.
- Contabilidad energética para asignar un consumo de energía. La precisión debe ser proporcional a la importancia del consumo de dicha división. El resultado de la

contabilidad debe ser la conformación de un año tipo o de referencia en cuanto a consumos de energía y coste, así como su relación con la producción.

El Análisis de propuestas de mejora según la norma UNE 216.501:2009 "Auditorías energéticas. Requisitos" es el siguiente:

Se deben tener como objetivos:

- La reducción del consumo, bien final directo o de la energía primaria equivalente.
- La diversificación de la forma de energía hacia otras más baratas, más limpias y con menos impacto ambiental.
- El aumento de la eficiencia o la reducción del consumo específico de algún equipo.
- Desarrollo de las mejoras de uso racional de la energía y eficiencia energética.

Para cada mejora debe analizarse:

- Situación inicial.
  - Concepto de mejora.
  - Situación futura.
  - Ahorro energético previsto.
  - Variables ambientales: Emisiones de CO<sub>2</sub>.
  - Factores económicos.
- Concatenación de mejoras: Si varias mejoras afectan al mismo equipo o producen un efecto cruzado, se calcularán por separado y también de forma conjunta.
  - Recomendaciones y buenas prácticas: Se considerarán aquellas en las que su efecto no es fácilmente cuantificable por depender del comportamiento y hábitos de las personas y que suponen una inversión pequeña o nula.

Las características del Informe de auditoría energética según la norma UNE 216.501:2009 "Auditorías energéticas. Requisitos" son las siguientes:

- Se emitirá un informe en el cual se debe poder constatar que el auditor se ajusta a lo indicado en la norma.
- Todas las mejoras deben resumirse en una tabla ordenadas por su plazo de recuperación simple.

En la siguiente figura se resumen los requisitos básicos de la norma UNE 216501 referente a las Auditorías energéticas.

**Requisitos de la Norma UNE 216501 de auditorías energéticas**

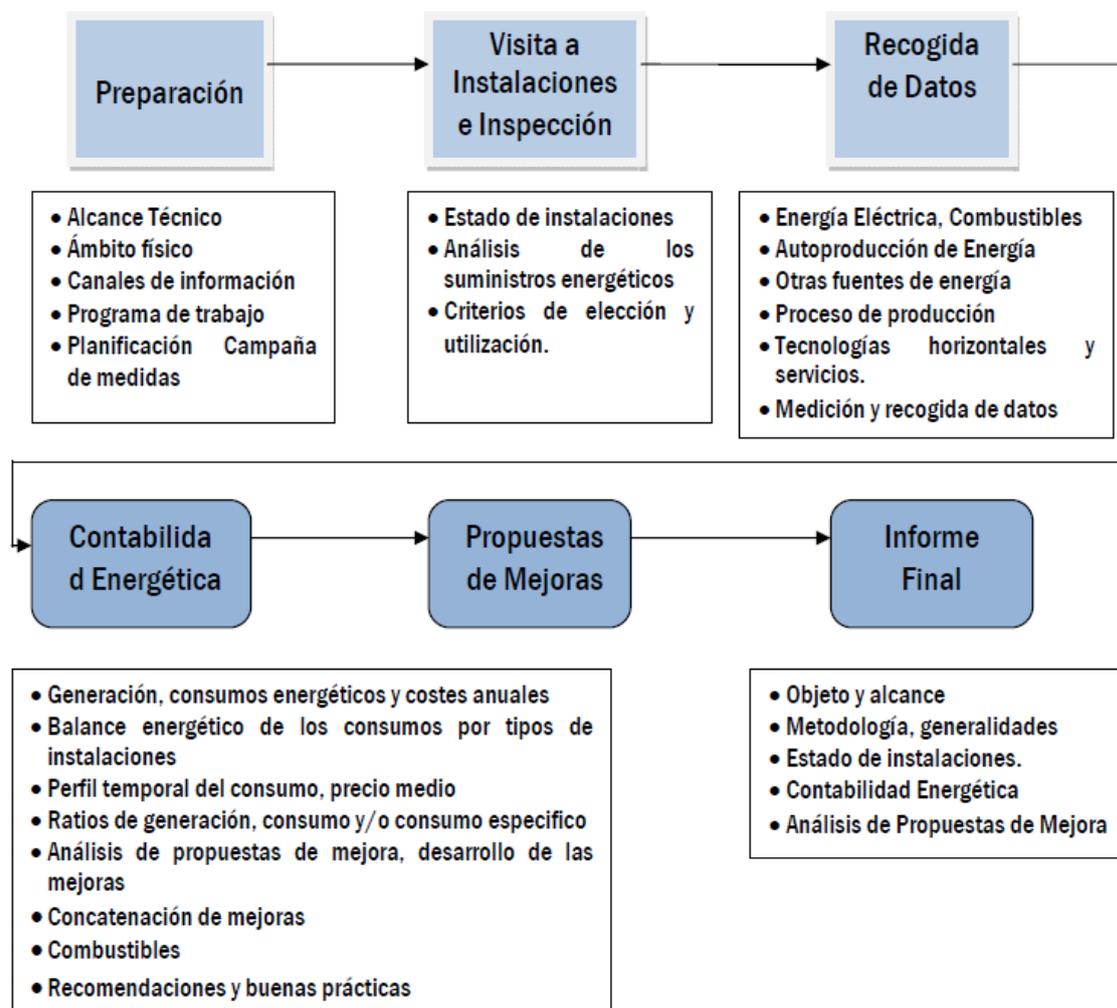


Figura 2.4. Requisitos de la norma 216.501:2009 "Auditorías energéticas. Requisitos".

Lo más importante para lograr la eficiencia energética en una empresa u organización no es sólo que exista un plan de ahorro de energía, derivado de un estudio o diagnóstico (generalmente una Auditoría energética), sino contar con un sistema de gestión energética que garantice la mejora continua.

Un SGE es una parte del Sistema Integrado de Gestión de una organización, que se ocupa de desarrollar e implementar su política energética y de organizar los aspectos energéticos.

Al darse cuenta de la importancia de la gestión de la energía, la International Organization for Standardization (ISO) desarrolló en 2008 la ISO 50001 como la futura norma internacional de la gestión de la energía. Su publicación se llevó a cabo en agosto de 2011, posterior a ésta surge la norma europea EN ISO 50001:2011, la cual da lugar a la norma española UNE-EN ISO 50001:2011 “Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso.” de noviembre de 2011 [11].

La UNE-EN ISO 50001:2011 sustituye a la norma española UNE EN 16001:2010 “Sistemas de gestión energética”, transpuesta de la europea y recoge algunos cambios sustanciales respecto a la misma. Esencialmente esos cambios se refieren a la desaparición del concepto de “aspecto energético” para la aparición del concepto de revisión energética y cálculo de la línea base. Este giro la acerca al concepto de auditoría energética, equiparable con el de revisión energética. Además, introduce algunas especificaciones en el control operacional referidas a requisitos en la compra de energía.

La UNE-EN ISO 50001:2011 establece un marco para los principales consumidores (plantas industriales, instalaciones comerciales u organizaciones) para gestionar toda su energía. Se estima que afecte a más del 60% del consumo de energía total.

Los objetivos o beneficios que se pretenden alcanzar con la UNE-EN ISO 50001:2011 serán los siguientes:

- Crear un marco para la integración de la eficiencia energética en las prácticas de gestión.
- Hacer un mejor uso de los equipos que consumen energía.

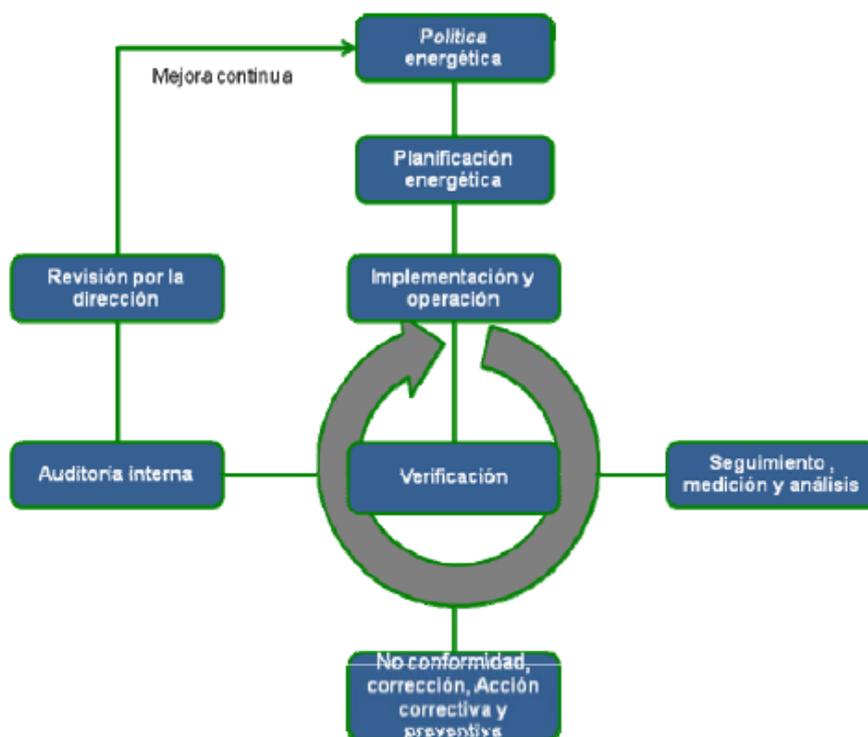
- Evaluar comparativamente, medir, documentar y presentar informes de mejoras en la intensidad energética y su impacto previsto sobre la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Transparencia y comunicación sobre la gestión de los recursos energéticos.
- Mejores prácticas de gestión de energía y buenas conductas en la gestión de la energía.
- Evaluar y priorizar la aplicación de las nuevas tecnologías de eficiencia energética.
- Un marco para promover la eficiencia energética en toda la cadena de suministro.
- Mejoras de gestión de la energía en el contexto de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

El propósito de la UNE-EN ISO 50001:2011 es permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el desempeño energético, incluyendo eficiencia energética, uso, consumo e intensidad. La implementación de este estándar debería conducir a una reducción en el costo de la energía, la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero y otros impactos positivos en temas medioambientales, a través de una gestión sistemática de la energía.

Sin embargo, la UNE-EN ISO 50001:2011 no establece requisitos absolutos para el desempeño energético más allá del compromiso en la política energética de la organización y su obligación de cumplir con los requisitos legales en cada país. Así, dos empresas que llevan a cabo actividades similares, pero que tienen diferente desempeño energético, pueden ambas cumplir con los requisitos de la norma.

El objetivo resumen de esta norma es la creación de una herramienta que permita la reducción de los consumos de energía a la organización que la implante lo que conlleva no solo mejoras energéticas y medioambientales, sino también mejoras económicas en su factura de energía.

**Ciclo del sistema de gestión energética según la Norma ISO 50001**



*Figura 2.5. Ciclo del sistema de gestión energética según la Norma UNE-EN ISO 50001.*

El esquema siguiente muestra la relación entre las Auditorías energéticas y los Sistemas de gestión energética, donde se aprecia el papel destacado de las auditorías:

## Relación entre la norma UNE 216501 e ISO 50001

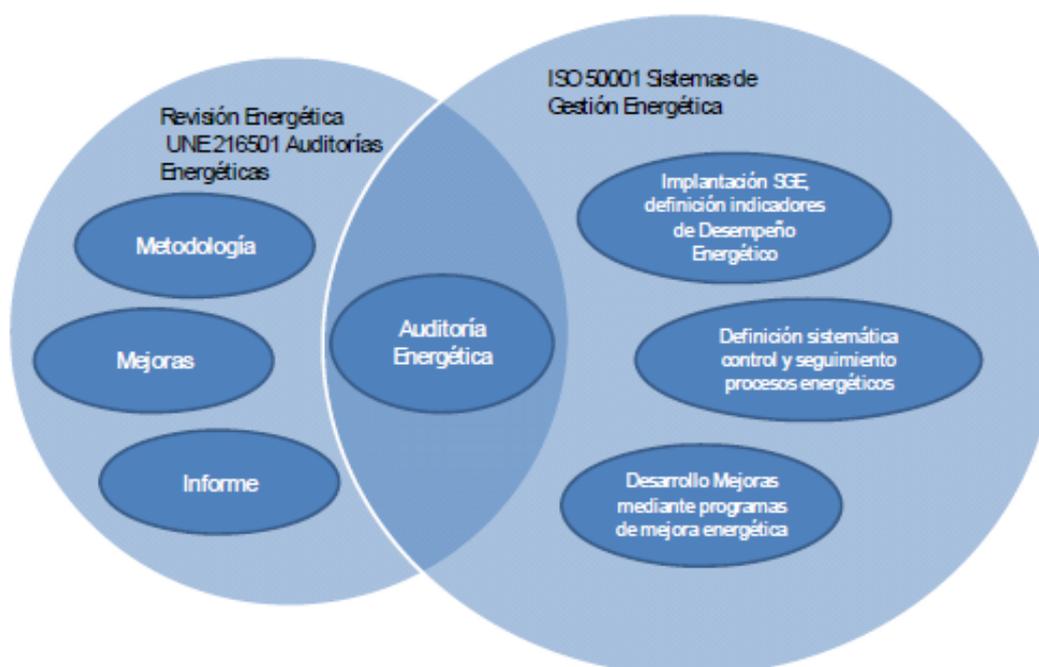


Figura 2.6. Relación auditoría energética y sistema de gestión eficiencia energética.

### 2.6.5. Objetivos principales.

La importancia de las auditorías energéticas queda reflejada en el 2º Plan de Acción Nacional de Eficiencia Energética en España 2011-2020 [12] aprobado por el Consejo de Ministros el 29 de julio de 2011 en el que dentro de las acciones para el Sector de Industria se señalan estas actividades como prioritarias, estableciendo líneas de ayuda para su cofinanciación, utilizando las auditorías energéticas como herramientas que permiten a las organizaciones conocer su situación respecto al uso de la energía, permiten detectar las operaciones que pueden contribuir al ahorro y la eficiencia de la energía consumida, así como optimizar la demanda energética de las instalaciones.

De todo lo anterior, se desprenden los claros beneficios que presentan las auditorías energéticas a nivel empresarial y social, pero debemos tener claro que estas pueden y deben llevarse a cabo en cualquier tipo de empresas, desde las multinacionales hasta las PYMEs con un solo trabajador e, incluso, hasta en viviendas particulares. En este último caso, sería excesivo el tener que realizar la toma de datos, elaboración de planes de acción, etc., pero simplemente la observación de nuestros hábitos, ver si puertas y ventanas tienen los aislamientos adecuados, optimizar la iluminación y maximizar el uso de luz natural, es decir, realizar una auditoría cualitativa de nuestro edificio puede proporcionar ahorros de hasta el 30% de nuestra factura energética. En este sentido son muy útiles las guías que se pueden encontrar en las páginas web de los principales suministradores y del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

La Auditoría Energética para un edificio es un estudio de disminución de costes energéticos. El término abarca un espectro muy amplio, en función de la profundidad con que se realice el estudio, pudiendo llegar desde un simple informe de propuestas de mejoras de equipos auxiliares del proceso principal, hasta un estudio detallado de mejoras, no sólo en los equipos auxiliares sino en el total de la instalación, en la iluminación e incluso en la propia envolvente del edificio objeto del estudio. Las auditorías no son un fin en sí mismo; son el primer paso de la cadena de eficiencia energética, que comienza con ellas, continúa con la puesta en práctica de las medidas de ahorro y de eficiencia detectadas y finaliza con el establecimiento de un plan de gestión de la energía, que garantice la permanencia en el tiempo de los ahorros conseguidos y descubra nuevas oportunidades para incrementar la eficiencia energética.

Por otro lado, las auditorías energéticas, contempladas hasta el presente como acciones puntuales en momentos concretos de la vida de un edificio o industria, deben concebirse como una acción permanente, configurando así un plan de gestión de la energía.

Realizar una auditoría energética en un edificio o en sus instalaciones es algo que no servirá de nada si posteriormente no se implementan las medidas de mejora propuestas en la misma, lo que conllevará una reducción del consumo energético del edificio, pero dicha mejora puede verse incrementada si al edificio le aplicamos un plan de gestión energética que permitirá lograr aún ahorros mayores.

## BIBLIOGRAFÍA.

[1] La Norma ANSI/ASHRAE Standard 105-2007, métodos estandar de medición, expresión y comparación de la eficiencia energética en edificios.

[2] Directiva 2002/91/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002. Relativa a la eficiencia energética de los edificios.

[3] CEN EN 15203, 2005 de eficiencia energética de los edificios. Evaluación de la utilización de la energía y la definición de las valoraciones.

[4] CEN EN 15217, 2007, de eficiencia energética de los edificios. Métodos para expresar el rendimiento energético y para la certificación energética de edificios. Métodos de evaluación que se utilizarán para la certificación energética. Formas de expresar el rendimiento energético de los edificios, incluyendo directrices para el desarrollo de sistemas de certificación.

[5] Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL) del Departamento de Energía de EE.UU, Octubre de 2005.

[6] Proyecto EUROCLASS: Desarrollo de una normativa europea para evaluar el consumo energético en edificios. Comisión Europea. Julio de 2001.

[7] Directiva 2012/27/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012. Relativa a la eficiencia energética de los edificios.

[8] Norma EN 16247-1:2012 Auditorías Energéticas. Parte 1: Requisitos Generales.

[9] Norma PNE prEN 16247-2 Auditorías Energéticas Parte 2: Edificios.

[10] Norma UNE 216501:2009 Auditorías Energéticas. Requisitos.

[11] Norma UNE-EN ISO 50001-2011 “Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso”, noviembre de 2011.

[12] Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020. 2º Plan de acción Nacional de Eficiencia Energética en España 2011-2020. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE).

# **CAPÍTULO 3: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS**

### **3.1. DEFINICIÓN GENERAL.**

La Eficiencia Energética es la relación directa entre la energía consumida y el servicio prestado, se aumenta esta eficiencia cuando se consigue prestar un servicio con las mismas características disminuyendo la energía consumida o también manteniendo el consumo energético y mejorando las características del servicio prestado.

Para conseguir cuantificar la eficiencia energética, debido a que la energía consumida es medible, pero los servicios prestados son difícilmente comparables, se utiliza para poder relacionar ambas magnitudes el indicador denominado intensidad energética (IE), que es el cociente entre el consumo de energía y la demanda de servicio.

Así se tiene que la definición, cuantificación y clasificación de los servicios es fundamental para ver si una disminución de consumo energético implica un aumento de la eficiencia.

### **3.2. EFICIENCIA GLOBAL.**

#### **3.2.1. Indicadores de eficiencia energética.**

Los indicadores de eficiencia energética se construyen con el objeto de dar seguimiento a los cambios en la eficiencia y poder realizar análisis comparativos, con que los países o áreas de la economía usan la energía. Dos tipos de indicadores se utilizan para describir este proceso: los índices económicos y los índices técnico-económicos [1]. Los índices económicos se utilizan cuando la eficiencia energética se evalúa a niveles agregados, por ejemplo al nivel del país o de un sector de la economía, ya que en este caso no es posible caracterizar la actividad con índices técnicos o físicos.

La Intensidad Energética (IE) es conocida internacionalmente como uno de estos índices económicos y se define como la relación entre el consumo de energía en

unidades tales como toneladas equivalentes de petróleo (tep) e indicadores de la actividad económica, normalmente el producto interior bruto (PIB) expresado en M€.

Los índices técnico-económicos se utilizan cuando los análisis se realizan a niveles suficientemente desagregados (por sub-ramas o usos finales) y relacionan la energía consumida con indicadores de la actividad expresados en unidades físicas (toneladas de acero, pasajeros-kilómetros, m<sup>2</sup> de viviendas o edificios calefaccionados).

Lo complejo del concepto de eficiencia energética indica que las limitaciones del indicador de IE deben ser claramente identificadas en orden de alcanzar conclusiones acertadas.

### **3.2.2. Consideraciones y limitantes del índice de Intensidad Energética (IE).**

Tal como ha sido mencionado el indicador de intensidad energética se define como la razón entre el consumo de energía de una o un conjunto de actividades económicas y el valor del producto de dichas actividades, es decir:

$$IE_t = CE_t / P_t$$

donde:

$IE_t$  : Intensidad energética en el año t

$CE_t$  : Consumo de energía en el año t (en unidades energéticas)

$P_t$  : Producto total. (En unidades monetarias, millones de €)

Lo primero a tener en consideración al calcular el indicador de IE es si el consumo de energía (CE), corresponde a energía primaria o final. Si se considera energía primaria, es posible que la variación de la IE así calculada pueda asociarse a cambios en la matriz energética y/o a cambios en la eficiencia de conversión de la oferta de energía, muy especialmente en la generación eléctrica, por lo que indicadores que consideren la energía primaria no son aconsejables, sugiriéndose, por lo tanto, el uso de la energía final en el cálculo de los indicadores.

Con respecto al valor del Producto, se considera el PIB calculado, en lo posible, bajo la misma estructura metodológica, utilizando el tipo de cambio a precios constantes.

Así tendremos que los indicadores globales de eficiencia más extendidos son la intensidad energética final ( $IE_{FINAL}$ ), la intensidad energética primaria ( $IE_{PRIM}$ ) y el consumo per cápita ( $C_{CAPITA}$ ), tomando como indicadores de la demanda el producto interior bruto (PIB) y la población.

$IE_{PRIM}$  = Consumo de energía primaria / PIB

$IE_{FINAL}$  = Consumo de energía final / PIB

$C_{CAPITA}$  = Consumo de energía primaria / Población

Se estima que existen un conjunto de factores que limitan la validez de las comparaciones de los valores absolutos de la IE. En efecto, los valores absolutos de la IE están determinados por un conjunto de parámetros que explican por qué ella es mayor en un país que en otro, sin que por ello se pueda afirmar que el segundo es más eficiente que el primero. Algunos de estos parámetros son:

- Las estructuras económicas, las características geográficas y las condiciones climáticas de los países.
- Los cambios estructurales relativos entre las economías.
- Las distorsiones globales y sectoriales de los sistemas de precios.
- Las características específicas de los sectores de la economía que no son representadas únicamente por las variables económicas, es el caso, por ejemplo, de la estructura modal del transporte.
- Las diferencias en la agregación de los sectores o de medición del Producto Interior Bruto, incluidas disparidades en el poder de compra de las monedas de referencia, pueden limitar también el análisis.

Por otra parte, la evolución de la intensidad energética de los países también presenta problemas conceptuales. Es así como muchas economías muestran una sistemática caída de la importancia relativa de los combustibles fósiles, particularmente del petróleo, y su reemplazo por la electricidad, lo que tiene un impacto claro en la intensidad energética debido tanto a la mayor eficiencia que presentan normalmente los equipos eléctricos respecto de aquellos que usan derivados del petróleo o gas natural, como a las significativas mejoras que han experimentado recientemente los equipos eléctricos, tales como: motores, luminarias, sistemas de refrigeración, sistemas de tracción eléctrica y otros. Incluso, la electrónica de potencia ha permitido obtener mejoras muy significativas en los sistemas de flujo variable.

Por último, al realizar un análisis de las tendencias de la eficiencia energética a través del indicador de IE, debe de tomarse en cuenta que la evolución del total de energía consumida por una sociedad depende de cambios ocurridos en:

- la actividad económica (valor agregado, población, área construida, toneladas-km transportadas).
- la estructura de la economía (estructura industrial, estructura modal del transporte, nivel de utilización de diferentes tipos de electrodomésticos), y
- la intensidad energética.

En España, la intensidad energética primaria ha crecido moderadamente hasta 2004 [2], siguiendo esta cronología desde los años 70, como reacción a la crisis energética del 79, se ponen en marcha una serie de actuaciones que dieron como resultado una mejora en la intensidad energética. No obstante, esta mejora no duró mucho, volviéndose a registrar un empeoramiento en el indicador tras la posterior recuperación y expansión económica. Esta situación continuó durante la década de los

90 y hasta principios del nuevo siglo, mostrando una divergencia creciente respecto a la tendencia media observada en el conjunto de la UE. El año 2004 representa un nuevo hito, al romperse la tendencia anterior debido a la confluencia de efectos estructurales y otros de naturaleza tecnológica, que conducen a una mejora de la intensidad primaria.

Desde entonces, se ha venido registrando una mejora continua, que perdura en la actualidad, viéndose reforzada por la crisis, lo que ha llevado a una reducción en 2009 del 4,8% en el indicador mencionado, resultado, entre otros, de la acusada disminución de la demanda de energía primaria, por encima de la del Producto Interior Bruto (PIB), quien, a su vez, en 2009, registró una caída del 3,7% como resultado de la menor actividad económica ocasionada por la crisis.

En el año 2010, se ha registrado un leve incremento de la demanda y una ralentización en la caída del PIB, circunstancia que ha llevado a un leve empeoramiento del indicador de intensidad, del 1,2%, que, en principio, parece ser coyuntural, sin afectar, en lo esencial, a la tendencia general iniciada hace cinco años. Como balance global del período 2009-2010, el descenso más acusado en la demanda de energía primaria parece indicar la existencia de factores que, independientes a la crisis, desde el año 2004, vienen ejerciendo una influencia positiva en la mejora de la intensidad energética [3].

Por todo lo indicado anteriormente, se puede concluir que un menor valor de la intensidad energética, supone un consumo inferior de energía por unidad de producto interior bruto, lo que supone que la eficiencia de utilización de la energía es mayor. Valores elevados de la intensidad energética suelen estar asociados a desarrollos pocos eficaces en el uso de la energía, dado que suponen un consumo de energía elevado para obtener un determinado valor de PIB, o que este PIB es muy pequeño, lo que incrementa el efecto sobre la intensidad energética que tiene el consumo de energía.

En el siguiente gráfico podemos ver la evolución de la intensidad primaria en España y la UE.

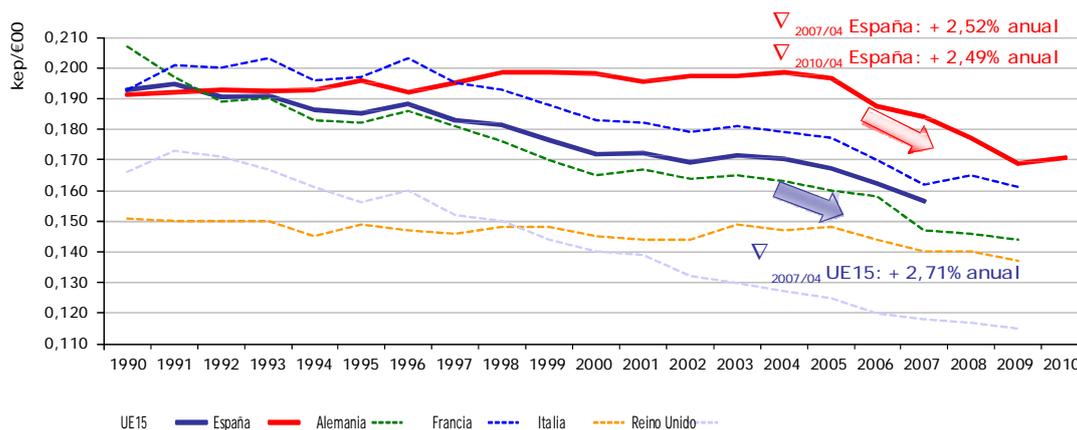


Figura 3.1. Evolución Intensidad primaria Energética en España y Europa.

Respecto al consumo de energía final, la evolución ha seguido una tendencia similar a la observada en la energía primaria, manifestando, de igual modo, una tendencia a la estabilización y contracción de la demanda a partir del año 2004, así como el efecto de la actual crisis en el período 2009-2010 [3].

En la actualidad, en lo esencial, las tendencias sectoriales se mantienen, si bien la industria, especialmente, en aquellos sectores relacionados con la construcción y la automoción, ha resultado especialmente agraviada por la crisis, experimentando un fuerte retroceso en 2009, comprobable a través de la caída en dicho año del 16,2% en el Índice de Producción Industrial (IPI) y del 10,4% en el Valor Añadido Bruto, por encima de la caída del PIB.

No obstante lo anterior, la estructura sectorial del consumo de energía final apenas presenta cambios, dado que en el contexto de la crisis actual, todos los sectores de uso final han moderado su demanda energética, lo que, en términos

relativos, se traduce en una cierta estabilidad en cuanto a la participación de los distintos sectores en la demanda energética.

Al igual que ocurre en el balance al 2010 de la intensidad primaria, este contexto ha ocasionado un comportamiento algo anómalo y errático en la intensidad final, con una disminución del 3,9% en 2009, seguida de un incremento posterior del 2,4% en 2010. Remontándose a las últimas dos décadas, la tendencia seguida por la intensidad final ha sido paralela a la del indicador homólogo de intensidad primaria, mostrando una mayor convergencia con la media europea con posterioridad al año 2004.

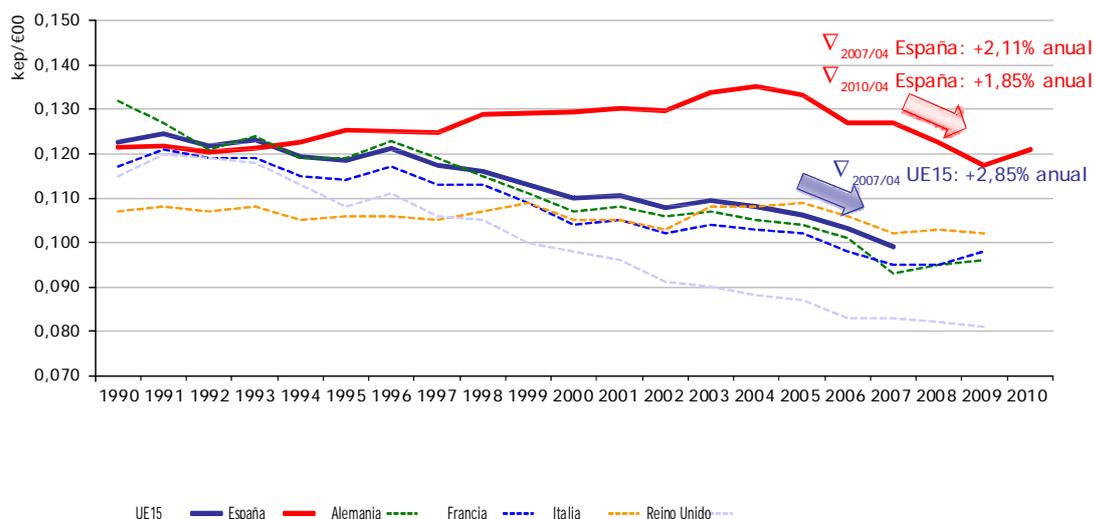


Figura 3.2. Evolución Intensidad final Energética en España y Europa.

### 3.3. EFICIENCIA EN EDIFICIOS.

Es necesario conocer los distintos servicios energéticos que forman parte del sector edificios para poder aplicarles el concepto de eficiencia energética.

La primera clasificación que se lleva a cabo es la división en función del uso del edificio, diferenciando entre el sector doméstico y el sector servicios [4], dentro de cada uno de los distintos usos tendremos que tener en cuenta el nivel de equipamiento y los servicios que disponen.

Principalmente se tiene en cuenta el nivel lumínico mediante iluminación artificial, si disponen de equipos de climatización y si cuentan con suministro de agua caliente sanitaria, así como el resto de electrodomésticos.

Para el sector servicios además habrá que tener en cuenta si disponen de cocina, sistemas de refrigeración y congelación de alimentos, así como equipos ofimáticos.

Por último tendremos que considerar si el edificio dispone de ciertas instalaciones especiales como pueden ser piscinas, lavanderías u otras similares.

Los principales indicadores que se utilizan son los siguientes:

- Evolución del parque de edificios.
- Población.
- Superficies.
- Número de empleados.
- Ocupantes.
- Horas de ocupación.
- Horas funcionamiento.
- Valora Añadido Bruto (VAB) del sector servicios.

Así obtenemos como parámetro más significativo que define la intensidad energética la relación entre el consumo de energía final y la superficie construida.

Otros parámetros de intensidad energética los encontramos en la siguiente tabla:

Tabla 3.1. Parámetros de Intensidad Energética

Indicador de demanda	Intensidad energética	Unidad
Superficie construida	Consumo por m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
Número de edificios	Consumo por edificio	tep/edif
Ocupantes	Consumo por persona	tep/per
Horas funcionamiento	Potencia media	kW
Horas funcionamiento Superficie.	Potencia media por m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>
Valor Añadido Bruto servicios	Consumo por VAB	tep/M€

La eficiencia energética del sector terciario suele analizarse a partir de la evolución del consumo por unidad de valor añadido. Observamos una tendencia creciente en España provocada principalmente por la generalización de los sistemas de climatización. Otros indicadores relevantes son los consumos por empleado o por unidad de superficie.

La eficiencia energética en edificios sería muy ventajosa para España, pero en los últimos años no ha sido un tema prioritario. Los esfuerzos de actuación de este sector son mediocres a pesar de contar con un amplio conjunto de oportunidades.

Las inversiones en ahorro y eficiencia energética reducen costes, rebajan emisiones y crean empleo. Energy-Efficiency-Watch llevó a cabo una evaluación de los países miembros de la UE en el 2013, situando el esfuerzo de España en un punto medio [5].

Los expertos tan solo identificaron unos pocos sectores donde la política española era ambiciosa. En el análisis se constató que había poca ambición en el sector de la edificación y poco apoyo político para fomentar el cambio, con varias barreras, como vacíos legislativos y barreras financieras.

El informe de la Agencia Internacional de la Energía IAE 'Multiple Benefits' identifica 12 fuentes de valor generadas por la eficiencia energética, que clasifica en

cuatro áreas: Seguridad Energética, Desarrollo Económico y Competitividad, Medio Ambiente y Beneficios Sociales [6].

La transformación de los edificios españoles hacia un uso energético eficiente no solo representa un reto energético, económico y ambiental, sino que también ofrece beneficios múltiples a otras áreas de la economía española. Obtener los múltiples beneficios de la transformación de los edificios españoles hacia la eficiencia energética, requerirá de una colaboración entre los distintos responsables políticos y un nuevo sector de la edificación.

A nivel global, la IAE no deja de recalcar la importancia de la eficiencia energética como una vía para la mejora de la competitividad y la reducción de la intensidad energética. En el mundo, el 60% de la energía en los edificios es utilizada para su calefacción o refrigeración, y el resto en iluminación, electrodomésticos y otros equipos que pueden aumentar también su eficiencia. Esto significa que la energía utilizada por muchos edificios puede ser reducida de manera económicamente eficiente en casi un 80%. Los objetivos de intensidad energética de la IAE para nuevos edificios son entre 15-30 kWh/m<sup>2</sup> por año. Dado que el 75% de los edificios existentes continuarán en uso en el año 2050, la IAE recomienda reformas a gran escala de los edificios existentes y un endurecimiento de los códigos y normas técnicas para los edificios nuevos y para los existentes [7].

### **3.4. EFICIENCIA EN CLIMATIZACIÓN.**

La eficiencia energética en las instalaciones de climatización queda directamente afectada por lo que dispone el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios [8], así su artículo 12 indica que éste tipo de instalaciones deberán diseñarse, calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de forma que se reduzca el consumo de energía convencional y utilizando sistemas que permitan la recuperación de energía y la utilización de energías renovables y residuales.

Las instalaciones deberán contar con un rendimiento energético cercano a sus máximos, los equipos y conducciones deberán quedar aislados térmicamente, tendrán

que equiparse los sistemas con medidas de regulación y control, se tratará de incorporar sistemas que cuenten con equipos de recuperación de energía, así como la utilización de energías renovables.

La variación del nivel de servicio prestado por las instalaciones afectará directamente a la eficiencia energética, por lo que sería necesario indicar cuales son los niveles de servicio que se prestan en función de las condiciones de los subsistemas que componen las instalaciones.

Los sistemas de climatización quedan clasificados en función de la capacidad de la instalación para ventilar y controlar las condiciones termohigrométricas. La clasificación de la norma UNE-EN 13779 [9] que incorpora la IT 1.2.4.3 sobre control del RITE se indica en la tabla 3.2 siguiente:

*Tabla 3.2. Clasificación de los sistemas de climatización.*

Categoría	Ventilación	Calentamiento	Refrigeración	Humidificación	Deshumidificación
THM-C 0	X	-	-	-	-
THM-C 1	X	X	-	-	-
THM-C 2	X	X	-	X	-
THM-C 3	X	X	X	-	(X)
THM-C 4	X	X	X	X	(X)
THM-C 5	X	X	X	X	X

- no influenciado por el sistema.

X controlado por el sistema y garantizado en el local.

(X) afectado por el sistema pero no controlado en el local.

Los niveles de servicio de las instalaciones serán los siguientes:

THM-C 0: Sistema de ventilación puro.

THM-C 1: Sistema de ventilación con sistema de calefacción o de aire caliente.

THM-C 2: Sistema parcial de acondicionamiento de recintos con humidificación.

THM-C 3: Sistema parcial de acondicionamiento de recintos con refrigeración.

THM-C 4: Sistema parcial de acondicionamiento de recintos con refrigeración y humidificación.

THM-C 5: Sistema completo de acondicionamiento de recintos.

En el sector residencial, la mayor parte de las instalaciones son de tipo THM-C 0 a THM-C 3, mientras que para el sector terciario el nivel suele ser THM-C 3 o THM-C 4. El nivel THM-C 5 queda reservado a locales especiales en los que el control de las condiciones interiores resulta crítico (laboratorios, museos, quirófanos, etc.).

Para cada subservicio podrían establecerse diferentes calidades, la variación del caudal de ventilación modifica el consumo y la calidad del servicio prestado. Para la ventilación, la norma UNE-EN13779 clasifica la calidad de aire interior en cuatro niveles. La reglamentación española, a través del RITE, exige aire de óptima calidad (IDA 1) en hospitales, guarderías y laboratorios; buena calidad (IDA 2) para oficinas, museos y aulas, calidad media (IDA 3) para comercios, cines, teatros, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, habitaciones de hoteles y salas de ordenadores. La calidad más baja (IDA 4) solo es admisible para el resto de los locales. Por tanto, la mayoría de los edificios del sector terciario deben tener calidades IDA 2 o 3 que equivalen a niveles de ventilación entre 8 y 12,5 l/s por persona.

Para calefacción y refrigeración, la calidad del servicio podría basarse en las temperaturas de consigna de los termostatos aunque la normativa no fija estrictamente las temperaturas del ambiente interior, estableciendo únicamente una banda de temperaturas de diseño para invierno y para verano. Ahora la modificación de la IT3 del RITE aprobada en el 2009 [10] limita las temperaturas interiores en los edificios públicos a 21° en invierno y 26° en verano.

En lo referente al control de la humedad casi todas las instalaciones controlan la temperatura de los locales con la humedad en oscilación libre (CF3) y teóricamente,

para prestar este servicio la instalación solo tendría que aportar o extraer energía sensible. Sin embargo, en las baterías de frío el aire se enfría y deshumidifica y el intercambio latente no puede desligarse del sensible, dado que normalmente la temperatura superficial de la batería es inferior a la temperatura de rocío del aire enfriado. La potencia latente de las baterías tiene gran influencia sobre la humedad resultante en los locales, el consumo de la instalación y la calidad higrométrica.

#### 3.4.1. Nivel global.

La eficiencia global de una instalación de climatización se puede expresar como la intensidad energética según la relación entre energía final consumida por unidad de superficie acondicionada.

$$IE_{CLIMA} = \text{Consumo energía final} / \text{Superficie acondicionada (kWh/m}^2\text{)}$$

Otro enfoque muy generalizado es el termodinámico, que define la eficiencia mediante la comparación de una magnitud con un valor de referencia. En climatización, la magnitud sería el consumo y la referencia podría ser la energía idealmente necesaria para prestar el servicio, con lo que el rendimiento sería:

$$\eta_{CLIMA} = \text{Energía necesaria} / \text{Consumo de energía final}$$

En la expresión anterior, la única magnitud real sería el consumo, medido in-situ o estimado por algún procedimiento de cálculo. El numerador, denominado frecuentemente demanda, es una magnitud ideal que serviría como modelo de comparación del consumo.

#### 3.4.2 Nivel de servicio.

Analizamos la eficiencia de cada uno de los servicios que forman parte de la climatización, calefacción, refrigeración y ventilación.

El objetivo de la calefacción es mantener la temperatura por encima de un cierto valor mediante el aporte de la energía térmica a los locales. Su rendimiento podría cuantificarse como cociente entre la energía aportada y el consumo:

$$\eta_{CAL} = \text{Energía térmica aportada} / \text{Consumo calefacción}$$

El rendimiento de la refrigeración podría definirse de forma análoga al de calefacción como el cociente entre la energía térmica extraída y el consumo:

$$\eta_{REF} = \text{Energía térmica extraída} / \text{Consumo refrigeración}$$

La ventilación mecánica es necesaria para garantizar una calidad de aire aceptable. Para obtener el rendimiento tendríamos que calcular el caudal de aire de renovación y el consumo asociado:

$$\eta_{AE} = \text{Caudal de aire de renovación} / \text{Consumo ventilación}$$

### 3.4.3. Nivel de subsistema.

Al tratar la estructura energética de una instalación de climatización mediante su división en subsistemas, se plantean los balances de energía y se definen consumos (C), cargas (Q) y pérdidas (P). Entendiendo por consumos la energía aportada al sistema, por cargas la energía útil que se obtiene de la instalación de calefacción y como pérdidas aquella energía no utilizable, derivada de la transformación energética realizada en la instalación.

A continuación, se definen los rendimientos de dichos subsistemas:

- Subsistema de producción calorífica. Su rendimiento puede determinarse por cociente entre la carga total sobre los generadores de calor ( $Q_{PC}$ ), ya sean calderas o bombas de calor, y su consumo en forma de calor ( $C_{PC}$ ).

$$\eta_{PC} = Q_{PC} / C_{PC}$$

- Subsistema de producción frigorífica. En este caso el rendimiento se obtiene dividiendo la carga total sobre los generadores de frío ( $Q_{PF}$ ) y su consumo eléctrico ( $C_{PF}$ ).

$$\eta_{PF} = Q_{PF} / C_{PF}$$

- Subsistema de condensación. Para evacuar la totalidad del calor de condensación ( $Q_{SCD}$ ) se consume cierta cantidad de energía eléctrica ( $C_{SCD}$ ), con lo que el rendimiento de este subsistema resulta:

$$\eta_{SCD} = Q_{SCD} / C_{SCD}$$

donde  $C_{SCD}$  debe incluir tanto el consumo de los ventiladores para condensación por aire, como el de bombas y torres para condensación por agua. A veces, el subsistema de condensación se integra dentro de la producción de frío, en cuyo caso el denominador de la ecuación  $\eta_{PF}$  debe incluir el consumo eléctrico de los dos subsistemas:

$$\eta_{PF} = Q_{PF} / (C_{PF} + C_{SCD})$$

- Subsistema de transporte primario. El transporte de energía térmica resulta eficiente cuando las pérdidas (o ganancias) derivada del intercambio con el entorno y el consumo asociado al transporte de los fluidos caloportadores son reducidos. Además, parte de la energía consumida se degrada en forma térmica y supone una pérdida (distribución de frío) o ganancia (distribución de calor) según el tipo de régimen. En consecuencia, no resulta fácil combinar en un solo parámetro el consumo de las bombas, su equivalente térmico y las

perdidas. Algunos autores definen el rendimiento como cociente entre las cargas transferidas en los secundarios y los primarios.

$$\eta_{TP} = Q_{SEC} / Q_{PRI}$$

Otra posibilidad es definir este rendimiento como el cociente entre la energía útil saliente y la energía total entrante:

$$\eta_{TP} = Q_{SEC} / (Q_{PRI} + C_{TP})$$

De este modo, el aumento del consumo para suministrar la misma energía útil conllevaría una disminución de la eficiencia. Si se compara la potencia útil entregada con el consumo necesario para transportarla, se obtiene el factor de transporte (FT):

$$F_{TP} = Q_{SEC} / C_{TP}$$

Este ratio considera la energía transportada como efecto útil del transporte. Sin embargo, dicha energía no solo es función del caudal másico sino también del calor específico y el salto térmico en baterías (o de la diferencia de entalpías específicas en el caso de que reproduzca deshumidificación), de forma que dos redes transportando el mismo caudal con el mismo consumo podrían tener factores de transporte diferentes, lo que desaconseja su uso como indicador de eficiencia. En los últimos años, se emplea la potencia específica (potencia por unidad de caudal volumétrico) para expresar el rendimiento del transporte:

$$PE_{TP} = C_{TP} / V_{agua}$$

De esta forma se condensa en un solo parámetro el rendimiento del equipo de transporte y las pérdidas de carga en la red y se considera como efecto útil el caudal transportado con independencia de la energía térmica.

- Subsistema de transferencia. En los equipos de intercambio aire-agua o aire-refrigerante el rendimiento, evaluado como energía aportada respecto a la energía útil entregada al aire, es la unidad, pero se desprecian las pérdidas por transmisión, las fugas y si solo se evalúa los intercambios térmicos asociados a la energía sensible aportada al aire tampoco se considera la energía del condensado.
- Subsistema de transporte secundario. El mejor indicador de su eficiencia es la potencia específica, potencia absorbida por los motores de los ventiladores por unidad de caudal transportado.

$$PE_{TS} = C_{TS} / V_{aire}$$

#### 3.4.4. Nivel de equipos.

Existen diferentes índices para expresar los rendimientos de los principales equipos consumidores presentes en las instalaciones de climatización: calderas, enfriadoras, torres, equipos autónomos, ventiladores y bombas.

Estos índices pueden expresar el rendimiento instantáneo a plena carga o el rendimiento medio. Los primeros indican la eficiencia en ciertas condiciones estándar o de diseño medidas de acuerdo con un procedimiento de ensayo. En la segunda opción, se condensa el comportamiento fuera de diseño en un solo parámetro, un valor medio del rendimiento.

El indicador más habitual es el denominado rendimiento medio estacional que relaciona la energía aportada por el equipo y la consumida, pero a lo largo de un periodo de tiempo, normalmente un año, en donde el equipo ha operado bajo

diferentes condiciones, por ejemplo de temperatura o humedad exteriores, modo de operación o de fracción de potencia.

#### CALDERA

Como generador térmico se utiliza para calentar agua a partir de la energía de un combustible (o electricidad), su eficiencia debe reflejar su capacidad para transferir energía del combustible al agua. Los principales indicadores de su eficiencia son:

- Rendimiento térmico o global: Es el cociente entre la potencia entregada al agua y la aportada por el combustible (producto de su poder calorífico inferior y su consumo) en condiciones de diseño a plena carga y en régimen permanente.

$$\eta_{\text{CALD}} = Q_{\text{CALD}} / E_{\text{CB}}$$

- Rendimiento del hogar: Es una medida de la eficiencia de la transferencia desde el combustible al agua y al cuerpo de la caldera. No tiene en cuenta las pérdidas por carcasa ni el rendimiento por inquemados asociados a la reacción de combustión y puede obtenerse si se conocen las pérdidas por gases ( $P_{\text{Gases}}$ ), asociadas sobre todo a la temperatura de salida de los humos y al caudal de humos:

$$\eta_{\text{hogar}} = 100 - P_{\text{Gases}}$$

- Rendimiento a carga parcial: Expresa la eficiencia del equipo en unas condiciones dadas de carga parcial. Tanto a nivel europeo [11] como nacional [12] las normativas se establecen para valores mínimos de este parámetro al 30% de la carga nominal de la caldera.

- Rendimiento medio o estacional: Es el cociente entre la energía aportada al agua y la consumida por la caldera durante un cierto periodo. Normalmente es menor que el rendimiento global pues tiene en cuenta los efectos de arranque y parada y la regulación para cargas menores que las de diseño. Depende de la curva de carga sobre la caldera, su rendimiento a carga parcial y el periodo de tiempo (un año habitualmente).

#### ENFRIADORA

Su rendimiento se define por el cociente entre la energía extraída del agua y la aportada al equipo. Se utilizan los siguientes indicadores de eficiencia:

- Coeficiente de eficiencia energética (EER [13]): Razón entre la potencia frigorífica y la potencia consumida en condiciones de diseño a plena carga y en régimen permanente. A veces se denomina COP de refrigeración o simplemente CEE:

$$EER = Q_{EVP} / C_{ENF}$$

- Rendimiento medio estacional: Es el cociente entre la energía extraída al agua y la consumida por la enfriadora durante un cierto periodo. Depende de la curva de carga, el intervalo de tiempo, las condiciones de operación como la temperatura de condensación y la eficiencia del equipo a carga parcial. Fijado el perfil de carga, pueden calcularse factores de ponderación para obtener su valor a partir de los rendimientos a determinadas cargas parciales.

Si la enfriadora opera como bomba de calor (en sus diferentes modalidades como aerotérmica, hidrotérmica o geotérmica), se utiliza como ratio de eficiencia el COP (coefficient of performance) definido por el cociente entre la potencia calorífica útil de calentamiento y el consumo de energía mecánica (habitualmente eléctrica). También se utiliza el concepto de COP estacional

cuando se relaciona la energía útil y la consumida a lo largo de un periodo de tiempo.

$$\text{COP} = Q_{\text{CD}} / C_{\text{BCD}}$$

#### TORRE DE REFRIGERACIÓN

Su misión es enfriar el agua de condensación (QCD) con cierto aporte de energía en ventiladores, bombas y auxiliares y su rendimiento puede definirse como cociente entre la energía disipada en la torre y el consumo:

$$H_{\text{TORRE}} = Q_{\text{CD}} / C_{\text{TORRE}}$$

#### EQUIPOS AUTÓNOMOS

Para expresar la eficiencia de estos equipos se emplean cuatro índices que relacionan las potencias frigorífica y calorífica con los consumos correspondientes:

- Coeficiente de eficiencia energética EER (Energy Efficiency Ratio): Es el cociente entre la potencia frigorífica y el consumo de energía en condiciones de diseño. A veces se denomina COP de refrigeración.
- Coeficiente de operación COP (Coefficient of performance): Es el cociente entre la potencia calorífica y el consumo de energía en condiciones de diseño cuando el equipo opera como bomba de calor.
- Rendimiento medio estacional de refrigeración: Es el cociente entre la energía extraída al aire y la consumida por el equipo durante un periodo de uso estándar.

- Rendimiento medio estacional de calefacción: Se obtiene por el cociente entre la energía aportada al aire y la consumida por el equipo durante un periodo de uso estándar de calefacción.

#### VENTILADORES

El rendimiento de estos equipos indica su capacidad para convertir la potencia eléctrica absorbida ( $C_{VEN}$ ) en energía de presión ( $\Delta p$ ) de un caudal de aire ( $V_a$ ):

$$\eta_{VEN} = V_a \Delta p / C_{VEN}$$

Si el motor se encuentra en la corriente de aire, toda la potencia absorbida acaba degradándose de forma térmica e incrementa la temperatura del aire ( $\Delta t_a$ ):

$$\Delta t_a = C_{VEN} / \rho_a V_a C_{pa}$$

Este incremento de temperatura, en absoluto despreciable, ya que por ejemplo, en sistemas todo aire puede representar más del 19% del salto térmico en el local, supone una pérdida en refrigeración y una ganancia en calefacción con influencia significativa sobre la carga y el consumo de los equipos primarios.

A su vez, el rendimiento total suele expresarse como producto de otros tres rendimientos:

$$\eta_{VEN} = \eta_{mot} \eta_{tr} \eta_h$$

- Rendimiento del motor ( $\eta_{mot}$ ). Razón entre la energía mecánica en el eje y la eléctrica consumida por el motor. Varía mucho con la potencia y el tipo de motor.

- Rendimiento de la transmisión ( $\eta_{tr}$ ). En caso de accionamiento indirecto por poleas y correa, se define como cociente entre la energía mecánica entregada al rotor y la del eje del motor. Para motores con accionamiento directo vale la unidad.
- Rendimiento hidráulico ( $\eta_h$ ). Cociente entre la energía de presión entregada al aire y la aportada al rotor.

La reglamentación energética legisla de manera indirecta el rendimiento de los ventiladores al exigir valores mínimos para el rendimiento de los motores y la potencia específica del subsistema de transporte.

#### BOMBAS

El rendimiento de estos equipos se calcula por el cociente entre la energía de presión  $H$  entregada al agua para mover un caudal y el consumo de energía ( $C_{BB}$ ):

$$\eta_{BB} = V_w H / C_{BB}$$

donde  $H$  es la altura y  $V_w$  es el caudal de agua.

Como ocurre con los ventiladores su rendimiento puede calcularse como producto de los del motor, la transmisión y el hidráulico. Una parte de la potencia absorbida ( $C_{BB} \cdot \eta_{mot} \eta_{tr}$ ) acaba degradándose de forma térmica y produce un salto térmico en el agua ( $\Delta t_w$ ).

$$\Delta t_w = C_{BB} \cdot \eta_m \eta_{tr} / \rho_w V_w C_{pw}$$

## BIBLIOGRAFÍA.

[1] Estudio de las Relaciones entre la Eficiencia Energética y el Desarrollo Económico. Programa de Estudios e Investigaciones en Energía para la Sociedad Alemana para la Cooperación Técnica. Julio de 2003.

[2] La Energía en España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Secretaría de Estado de Energía. 2010.

[3] Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020. 2º Plan de acción Nacional de Eficiencia Energética en España 2011-2020. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE).

[4] Ministerio de Economía. Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012. Sector Edificación. Noviembre 2003.

[5] Energy Efficiency Watch. (2013). Spain: overall ambitions of the energy efficiency policies [Gráfico]. Energy Efficiency in Europe: Assessment of Energy Efficiency Action Plans and Policies in EU Member States 2013. Extraído de: [http://www.energy-efficiency-watch.org/fileadmin/eew\\_documents/Documents/EEW2/spain.pdf](http://www.energy-efficiency-watch.org/fileadmin/eew_documents/Documents/EEW2/spain.pdf)

[6] Agencia Internacional de la Energía o AIE (en inglés International Energy Agency IEA) es una organización internacional formada por 28 países cuya finalidad es asegurar energía adquirible y limpia a través de las políticas energéticas de sus estados miembros.

[7] Informe GTR 2014. Estrategia para la Rehabilitación. Claves para transformar el sector de la edificación en España.

[8] Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Versión consolidada. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Secretaría de Estado de Energía. Septiembre 2013.

[9] UNE-EN 13779:2005. Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos.

[10] Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios. BOE 11 de diciembre de 2009.

[11] Directiva 92/42/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a los requisitos de rendimiento para las calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos.

[12] Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva 92/42/CEE, relativa a los requisitos de rendimiento de calderas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos.

[13] ERR. Acrónimo Inglés Energy Efficiency Ratio.

# **CAPÍTULO 4: SIMULACIÓN ENERGÉTICA.**

#### **4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES.**

Según R.E. Shannon, profesor en el Departamento de Ingeniería Industrial en la universidad A&M de Texas (EE.UU.): *“La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias -dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos- para el funcionamiento del sistema”* [1], [2], [3], [4].

La simulación térmica de edificios, consiste en analizar en función del tiempo las necesidades energéticas a proporcionar por los servicios definidos para garantizar las condiciones de diseño fijadas dentro de un entorno condicionado por variables como la radiación solar directa o difusa, la ocupación de las estancias, orientación del edificio o caracterización térmica de sus componentes arquitectónicos.

Se trata por tanto de una simulación energética dinámica, cuyo resultado nos ayudará a experimentar posibles modificaciones, previas a la finalización del proyecto, con la intención de mejorar las condiciones de diseño y optimizarlo. Buscando un equilibrio entre consumo de energía, economía, confort y medio ambiente.

#### **4.2. SISTEMAS DE SIMULACIÓN ENERGÉTICA DINÁMICA.**

La simulación de una instalación térmica consiste en estimar con cierta frecuencia temporal, normalmente cada hora, la potencia para proporcionar ciertos servicios. Se trata de estimar el comportamiento térmico de las diferentes zonas que conforman el edificio y las prestaciones que están dando las máquinas en las condiciones de trabajo puntuales en cada instante de tiempo, con el fin de integrarlas durante el periodo de tiempo simulado.

El objetivo es conocer durante un periodo de tiempo dado una determinada característica energética o de regulación del sistema, para la optimización de algún resultado que finalmente redunde en limitar las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Aunque éstos objetivos pueden abarcar otros muy diferentes como analizar diferentes estrategias de control, analizar diferentes comportamientos de máquinas o sistemas de climatización, observar la evolución de temperaturas o humedades relativas en las diferentes zonas que conforman el edificio.

La demanda de cada una de las contribuciones es muy variable con el tiempo, depende de las condiciones ambientales o zona climática, del tipo de edificio y sus características térmicas, así como del uso y control que se establezca. Además hay que añadir el concepto de inercia térmica; es decir, la propiedad que indica la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo y la velocidad con que lo cede o absorbe. Depende de la masa térmica, del calor específico de sus materiales y del coeficiente de conductividad térmica de éstos. Esta inercia no es nunca despreciable y ello conlleva la necesidad de la simulación térmica para acercarnos de forma fiable a la demanda real; es decir, no es posible el uso de procedimientos estacionarios para establecer con rigor la demanda energética del edificio (sobre todo en el caso de refrigeración o cuando las condiciones ambientales oscilan sobre la temperatura de consigna de la instalación).

Hay que tener en cuenta los factores limitantes existentes de cara a obtener la optimización energética que se persigue a través de la simulación dinámica. Estos factores restrictivos los fija la Administración a través de su normativa.

La administración española, en cumplimiento de dicha normativa, ha previsto el nuevo Código Técnico de la Edificación, CTE [5]. Dentro de este código se han desarrollado los siguientes programas de simulación:

- LIDER: Limitación de la DEManda eneRgética. Aplicación informática que se puede emplear para verificar, de forma temporal y bajo ciertas condiciones técnicas , las

exigencias de demanda energética establecidas en la sección HE1 del Documento Básico de Ahorro de Energía DB- HE del Código Técnico de la Edificación.

- CALENER: CALificación ENERgética de edificios. Aplicación informática de referencia que cuenta con dos versiones: Calener-VYP, para la calificación de eficiencia energética de edificios de viviendas y del pequeño y mediano terciario y Calener-GT, para la calificación de eficiencia energética de grandes edificios del sector terciario.

En cuanto a programas de simulación energética dinámica de edificios se ha producido una gran evolución a lo largo de los últimos 40 años pudiéndose resumir de la siguiente forma.

En EE.UU. programas como el DOE2 (Department of Energy) surgieron como resultado de la inversión lenta pero constante de la administración americana desde 1970. De la misma época es el BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics) que fue encargado al NIST (National Institute of Standards and Technology) [6].

Muchos de ellos se empezaron a programar con lenguaje como el FORTRAN, que han evolucionado hacia un lenguaje más similar a C++ o JAVA y están orientados a objetos. Otros programas como el TRNSYS (Transient Simulation of Systems) de la Universidad de Wisconsin-Madison (EE.UU.) tuvieron y tienen un ámbito de existencia universitario y no estaban orientados inicialmente hacia la productividad o la industria por su origen universitario, aunque recientemente se han creado aplicaciones para generar los modelos-D con mayor facilidad y productividad (SimCAD).

Lo mejor de DOE2 y BLAST se unió en un nuevo programa llamado Energy Plus.

Europa no dispone, por ahora, de una organización que centralice y aúne el esfuerzo para el desarrollo de este tipo de software como ocurre en Estados Unidos. Lo que existe son diversos programas –con enfoques también diversos: comerciales, libres, código abierto, etc.– realizados de forma autónoma por algunos de los estados miembros. Sin pretender ser exhaustivo, ejemplos serían: Dinamarca –BSIM del

Instituto Danés para la investigación en edificios–, Inglaterra –ESP-r de la universidad de Strathclyde, en Glasgow, cuyo código es abierto–, o Suecia –IDA-ICE es un programa comercial con un motor de simulación común y módulos con diversas aplicaciones (para el caso de edificios dicho modulo es el ICE-Indoor Climate and Energy). Existen también empresas que producen programas comerciales para la introducción del modelo-D de forma cómoda en programas americanos de código abierto. Por ejemplo el IISIBAT, del instituto para la edificación francés CSTB que utiliza como núcleo de cálculo el TRNSYS, o el “Design Builder” en Inglaterra, que ayuda a generar el fichero idf que usa el Energy Plus americano [7].

#### **4.3. HERRAMIENTAS UTILIZADAS.**

Para llevar a cabo la simulación energética de los edificios estudiados en esta tesis se ha trabajado con Energy Plus, utilizando como interfaz de introducción de datos Design Builder, en concreto se ha utilizado la versión 3.4.0 039. Se trata de un software de reconocido prestigio internacional y en continuo desarrollo por el Departamento de Energía de los EE.UU. a través del cual se obtiene gran cantidad de información en lo referente al cálculo de cargas térmicas, cálculo de demandas de calefacción y refrigeración, cálculo de consumos y emisiones de CO<sub>2</sub>, cálculo de condiciones ambientales interiores, etc.

#### **4.4. MODELADO DEL EDIFICIO.**

Existen dos elementos transversales al modelado en Design Builder de gran interés e importancia práctica: las bibliotecas de componentes y de plantillas.

Los componentes y plantillas permiten agilizar enormemente la definición de los modelos, al contar con elementos ya predefinidos que podemos cargar de una sola vez en el programa. Así, contamos con numerosos elementos ya precargados, listos

para su uso (plantillas de cerramientos, horarios de ocupación, curvas de rendimiento, etc.). No obstante, siempre podremos crear nuestras propias plantillas y componentes específicos que nos faciliten el uso en futuros modelos.

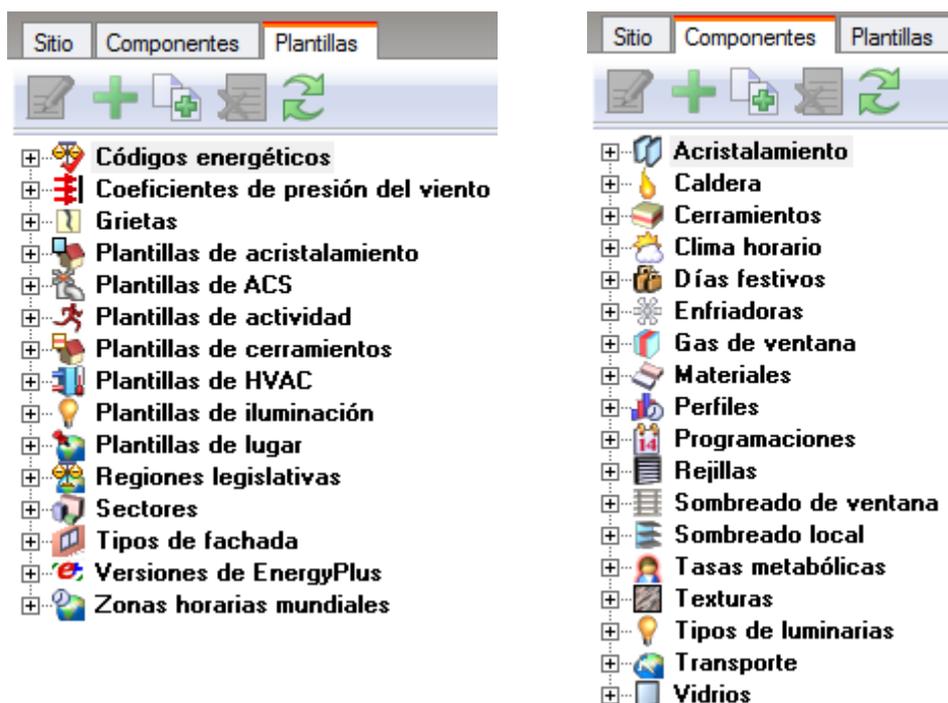


Figura 4.1. Bibliotecas de Plantillas y Componentes.

A continuación se recogen las posibilidades de Design Builder en cuanto a introducción de datos para conseguir la definición completa de las características energéticas de un edificio.

#### 4.4.1. Modelado Geométrico.

A partir de los planos en CAD o imágenes que nos sirvan de plantilla, o bien mediante la introducción directa de las medidas en Design Builder vamos definiendo la geometría del edificio mediante bloques, operaciones con bloques y particionado en zonas. La geometría tridimensional la obtenemos mediante operaciones de extrusión, corte, unión, referencias a puntos, etc.



Figura 4.2. Botones para la generación de la geometría.

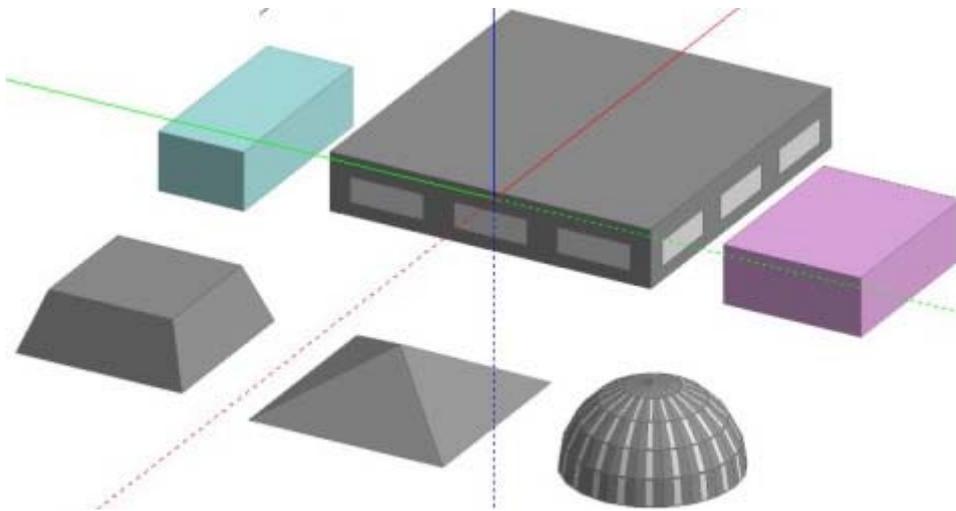


Figura 4.3. Diferentes tipos de bloques.

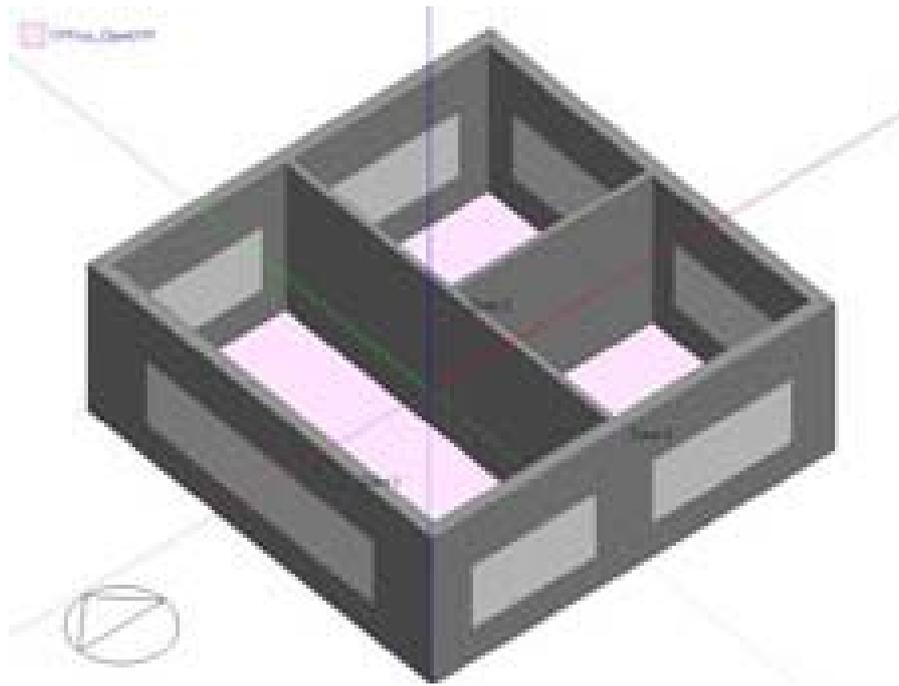


Figura 4.4. División de un bloque en zonas.

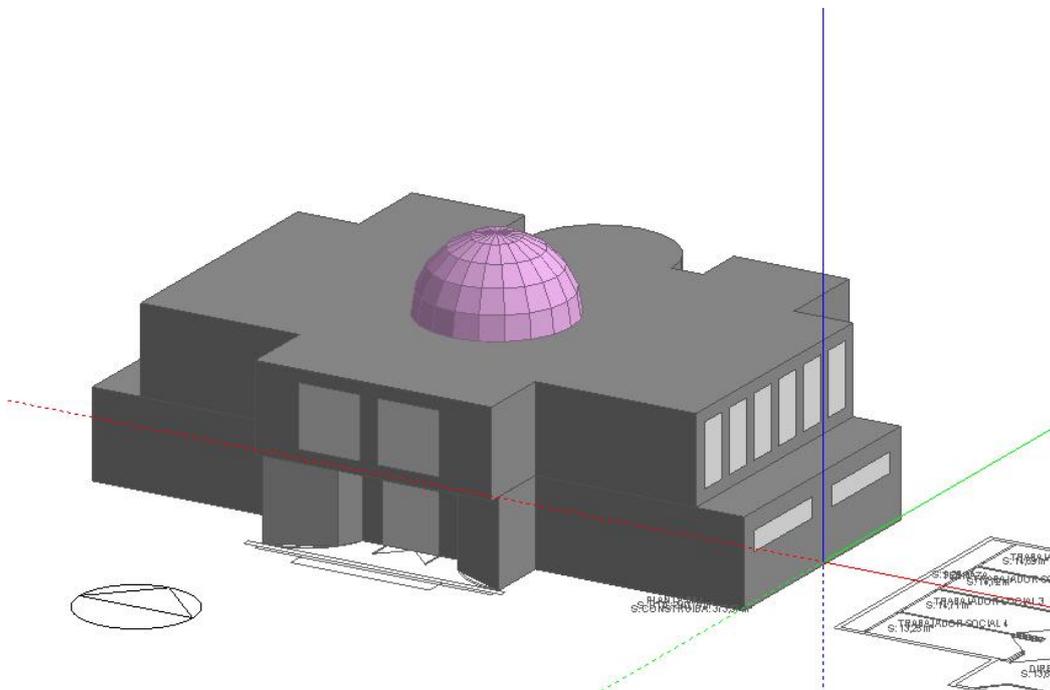


Figura 4.5. Geometría final del modelo.

#### 4.4.2. Modelado de envolvente térmica.

En esta etapa se definen los cerramientos simples (masa térmica/aislamiento) o por capas, enumerando cada una de las capas de las que están compuestos obteniendo el aislamiento.

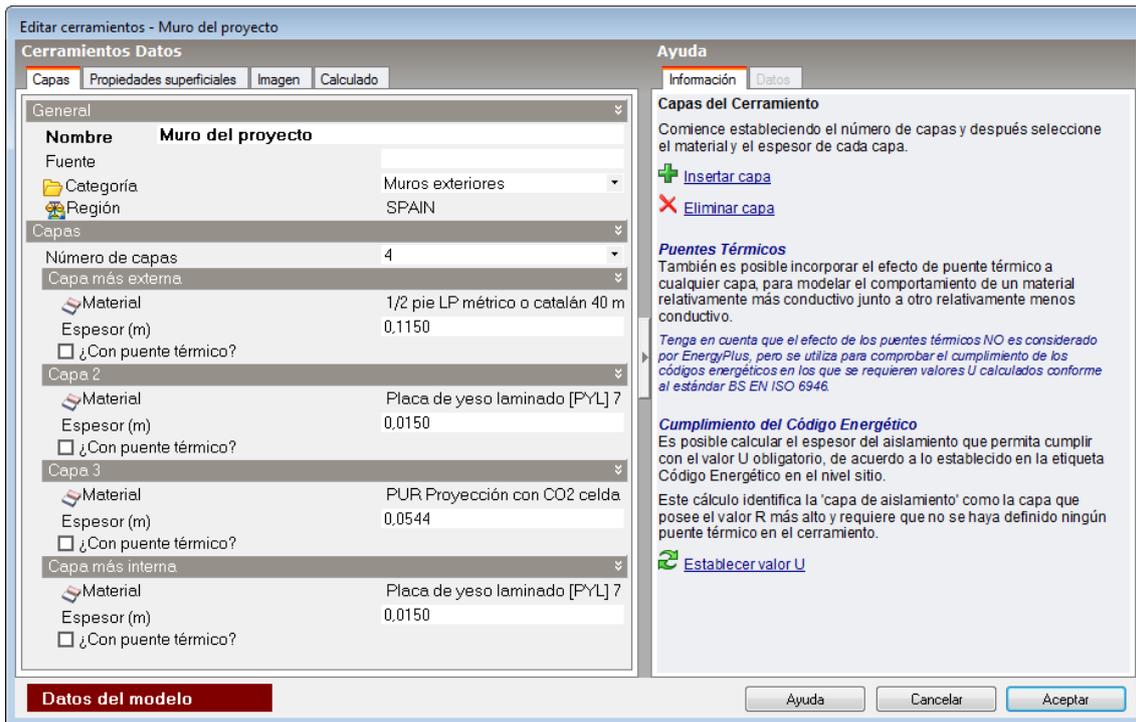


Figura 4.6. Definición de un cerramiento.

Se introducen de la manera similar los datos relativos a las aberturas, acristalamiento, bien simple (factor solar y transmitancia) o detallado por capas, definición detallada de la carpintería: composición, dimensiones de marcos, travesaños, etc. y si cuentan con lamas, persianas, voladizos, etc.

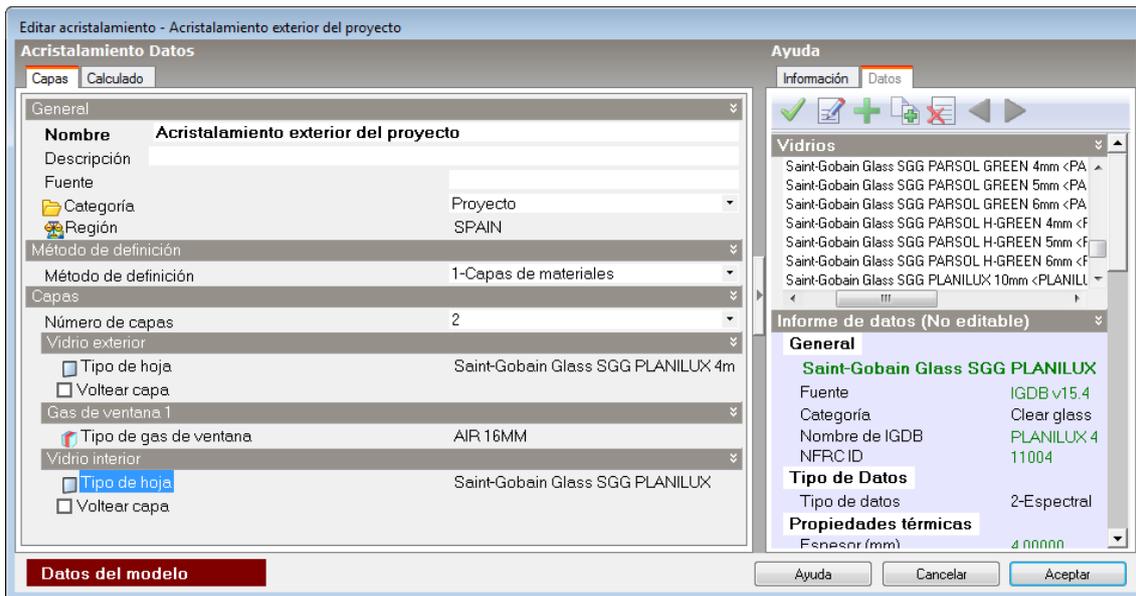


Figura 4.7. Definición de una acristalamiento.

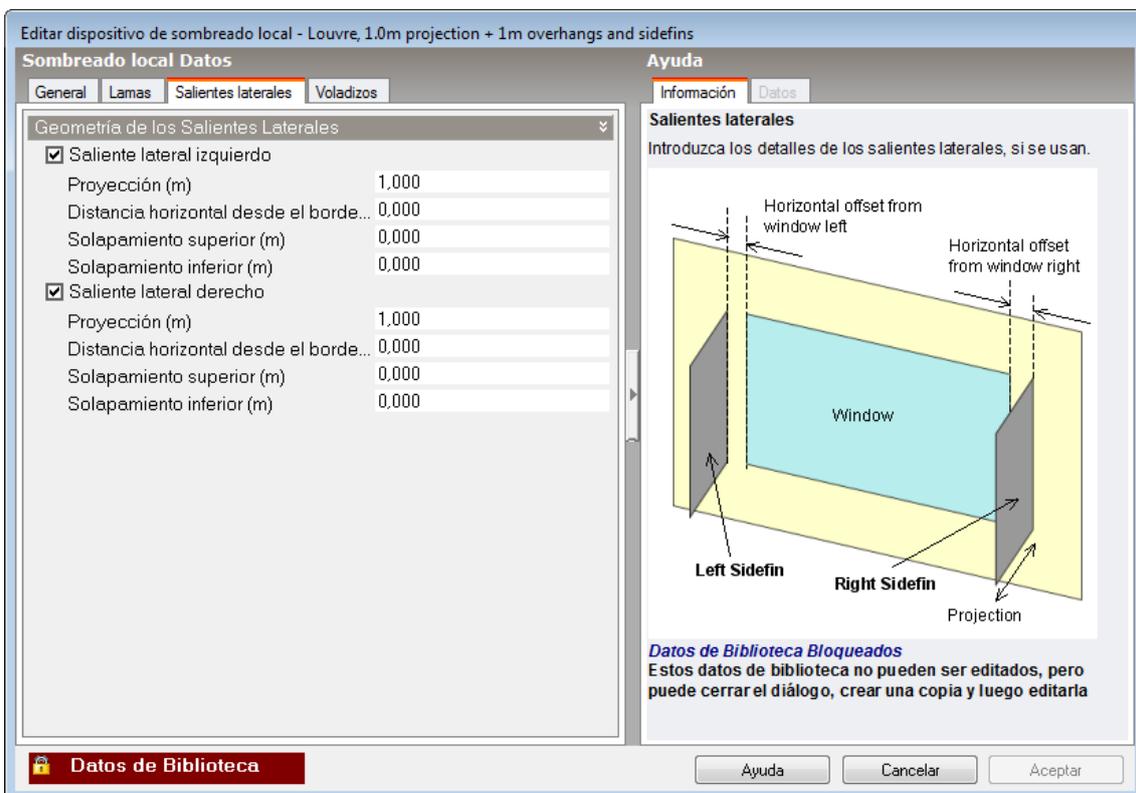


Figura 4.8. Definición de salientes laterales.

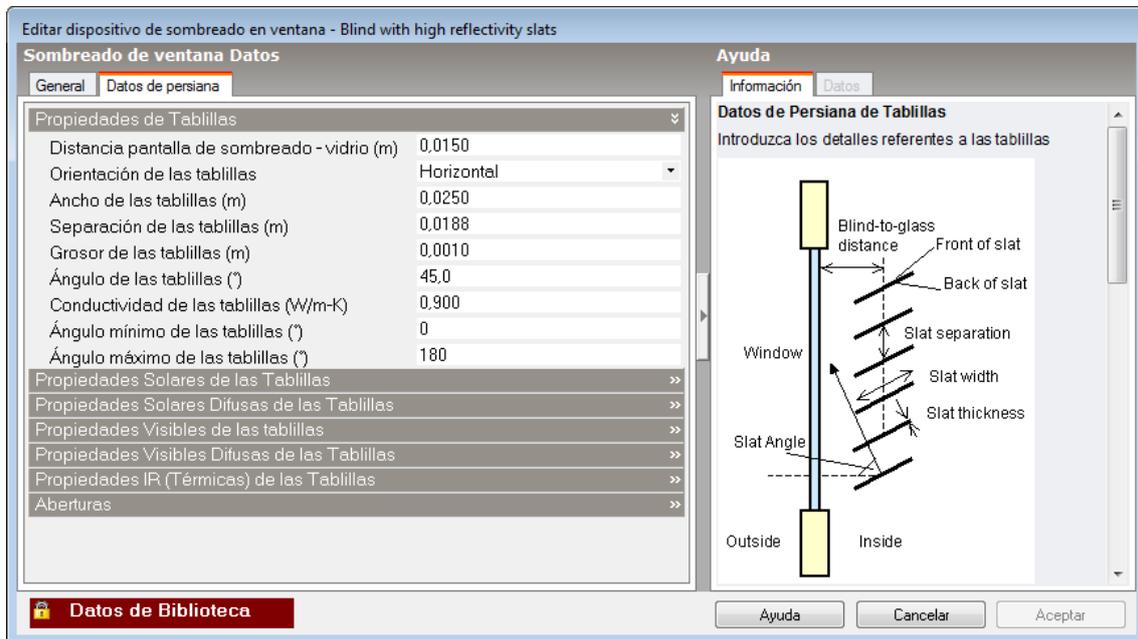


Figura 4.9. Definición de persianas venecianas.

Se podrán introducir también los datos relativos a la calidad de los cerramientos con respecto a infiltraciones o bien la tasa de renovaciones hora por infiltración.

#### 4.4.3. Modelado del uso de cada zona.

En esta etapa se definirá la ocupación de cada una de las zonas y la tasa metabólica de las personas, junto con sus horarios de funcionamiento, pudiendo definir la ocupación en función de la franja horaria del día.

Habrá que indicar las consignas a mantener en cada una de las zonas para controlar la calefacción, la refrigeración, posible ventilación natural, mecánica y deshumidificación, así como el consumo previsto de agua caliente sanitaria.

Es necesario definir las cargas internas que se producen relativas a equipos informáticos, de cocina, etc. así como sus horarios de funcionamiento.

The screenshot shows the 'Actividad' (Activity) tab in a software interface. The interface is organized into several sections:

- Plantilla de Actividad:**
  - Plantilla:** Office\_OpenOff
  - Sector:** Primary school
  - Multiplicador de zona:** 1
  - Incluir zona
- Ocupación:**
  - Densidad (personas/m2):** 0,4000 (with a slider from 0 to 4)
- Programación:** 8:00 - 18:00 Mon - Fri
- Metabolismo:** >>
- Días festivos:** >>
- ACS:** >>
- Control ambiental:**
  - Temperaturas de Funcionamiento de la Calefacción:**
    - Calefacción (°C):** 20,0 (with a slider from 0 to 30)
    - Temperatura de retroceso (°C):** 5,0
  - Temperaturas de Funcionamiento de la Refrigeración:**
    - Refrigeración (°C):** 24,0 (with a slider from -10 to 30)
    - Temperatura de retroceso (°C):** 30,0
- Control de Humedad:** >>
- Temperaturas de Funcionamiento de la Ventilación:** >>
- Aire Fresco Mínimo:** >>
- Iluminación:** >>
- Computadoras:**
  - Activar**
  - Ganancia (W/m2):** 10,00 (with a slider from 0 to 60)
  - Fracción radiante:** 0,200
- Equipos de oficina:** >>
- Misceláneos:** >>
- Cocina:** >>
- Procesos:** >>

Figura 4.10. Pestaña de entrada de datos de uso.

#### 4.4.4. Modelado de las instalaciones de iluminación.

Es necesario introducir los datos relativos al tipo de luminarias instaladas, así como la potencia por superficie y la iluminancia en cada una de las zonas del edificio.

Es posible definir si existe algún tipo de control de iluminación y como se realizará la regulación. Se podrá definir también si existe alguna iluminación especial del tipo exhibición o escritorio así como si la instalación cuenta con un sistema de control.

The screenshot shows the 'Iluminación' (Lighting) tab in a software interface. The interface is organized into several sections, each with a dropdown arrow on the right:

- Plantilla de iluminación:** Set to 'Part L2 2006'.
- Iluminación general:**
  - Activar**
  - Energía de iluminación (W/m<sup>2</sup>): 13,13 (with a slider below ranging from 0 to 40).
  - Tipo de luminaria: 1-Suspendida
  - Fracción radiante: 0,420
  - Fracción visible: 0,180
  - Fracción convectiva: 0,400
- Iluminación de Escritorio y Exhibición:**
  - Activar**
  - Ganancia (W/m<sup>2</sup>): 98,000
- Control de Iluminación:**
  - Activar**
  - Tipo de control: 1-Lineal
  - Fracción mínima de salida de luz: 0,100
  - Fracción mínima de potencia de entrada: 0,100
  - Deslumbramiento:**
    - Índice máximo permitido: 22,0
    - Ángulo de vista respecto al Eje-Y (\*): 0,0
  - Área de iluminación 1:**
    - % de la zona cubierto por el área 1: 100
  - Área de iluminación 2:**
    - Activar área de iluminación 2**

Figura 4.11. Pestaña de entrada de datos de iluminación.

#### 4.4.5. Modelado de las instalaciones térmicas.

En esta fase introduciremos los datos relativos a los sistemas de climatización y agua caliente sanitaria, el modelado de estas instalaciones puede realizarse en tres niveles de complejidad.

Modelado simple: mediante un sistema ideal y rendimientos medios estacionales.

Modelado compacto: mediante 5 tipologías de instalaciones complejas para las que el programa solicita una serie de datos básicos y Energy Plus completa la definición con valores por defecto de manera automática:

- Sistemas Autónomos Zona Única o Multizona todo aire con baterías de frío/calor, recuperación de calor, enfriamiento gratuito, deshumidificación, etc.
- Fancoils: a 2 o 4 tubos.
- Volumen de Aire Variable ó Constante: con recuperación de calor, enfriamiento gratuito, recalentamiento terminal, etc.

Modelo	Actividad	Cerramientos	Aberturas	Iluminación	HVAC	CFD	Opciones
Plantilla HVAC							
Plantilla		<b>VAV with outside air reset</b>					
Tipo		3-VAV					
Disponibilidad del sistema							
Programación		On					
Control de ciclo nocturno		1-Permanece apagado					
Ventilación Mecánica							
<input checked="" type="checkbox"/> Activar							
Método de definición del aire exterior		4-Aire fresco mínimo (por persona + por área)					
Requerimientos Mínimos de Aire Exterior (UMA)							
Programación		Office_OpenOff_Occ					
Mezcla de Aire Exterior >>							
Ventiladores >>							
Economizador (Enfriamiento gratuito) >>							
Recuperación de calor >>							
Plenum del Sistema >>							
Unidades Terminales VAV >>							
Calefacción							
<input checked="" type="checkbox"/> Activar							
Combustible		2-Gas natural					
CoP de Generación de calor		0,750					
Pérdidas por distribución de calor (%)		5,0					
Radiadores/Rodapié >>							
Precalentamiento del Aire Exterior >>							
Calefacción - Unidad Manejadora de Aire (UMA) >>							
Recalentamiento >>							
Programación de Funcionamiento de Zona >>							
Refrigeración							
<input checked="" type="checkbox"/> Activar							
Combustible		1-Electricidad de la red					
CoP de la Enfriadora		1,730					
Tipo de condensador		1-Refrigerado por aire					
Pérdidas por distribución de enfriamiento (%)		5,0					
Refrigeración - Unidad Manejadora de Aire (UMA) >>							
Programación de Funcionamiento de Zona >>							
Control de Humedad >>							
ACS >>							
Ventilación natural >>							
Distribución de la Temperatura del Aire >>							

Figura 4.12. Pestaña de entrada de datos de instalaciones.

Modelado detallado: mediante un modelado gráfico de tipo “arrastrar y soltar” y la interconexión entre sistemas, siendo posible definir un abanico muy amplio de instalaciones, contando con elementos como:

- Sistemas zonales: Radiadores de agua y eléctricos, convectores, suelo radiante, techos refrescantes, fancoils, splits, impulsión y extracción, unidades terminales VAV, etc.

- Distribución de Aire: climatizadoras de aire primario, Unidades de Tratamiento de Aire (con baterías de precalentamiento, humidificación, recuperación de calor, etc.), baterías de expansión directa o alimentadas por enfriadora o caldera, bombas, ventiladores, etc.

- Sistemas primarios: enfriadoras aire-aire o alimentadas por torre y calderas, individuales o en cascada con fraccionamiento de carga, depósito de ACS autónomo o alimentado por caldera, etc.

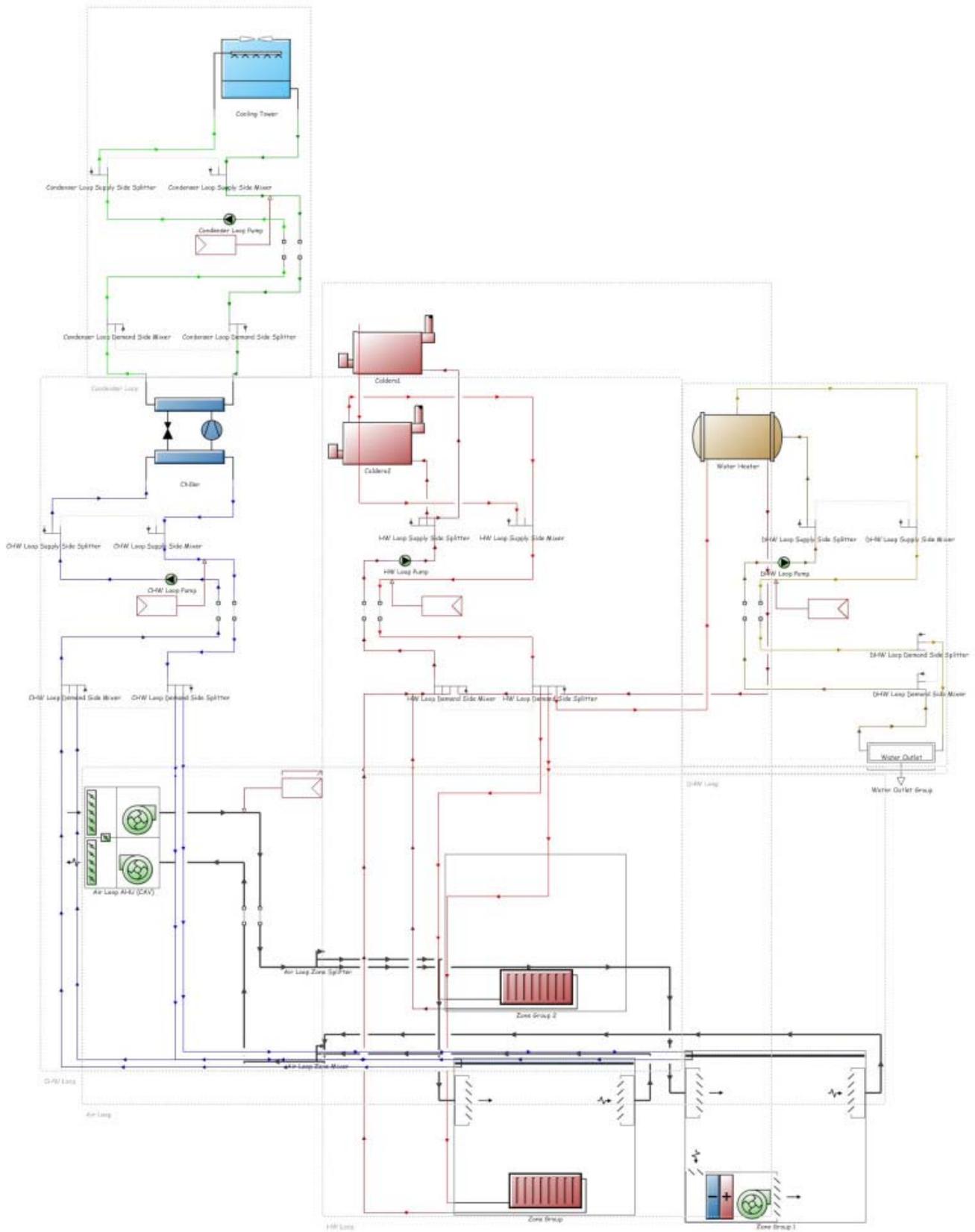


Figura 4.13. Modelización detallada de instalaciones.

#### 4.5. VISUALIZACIÓN.

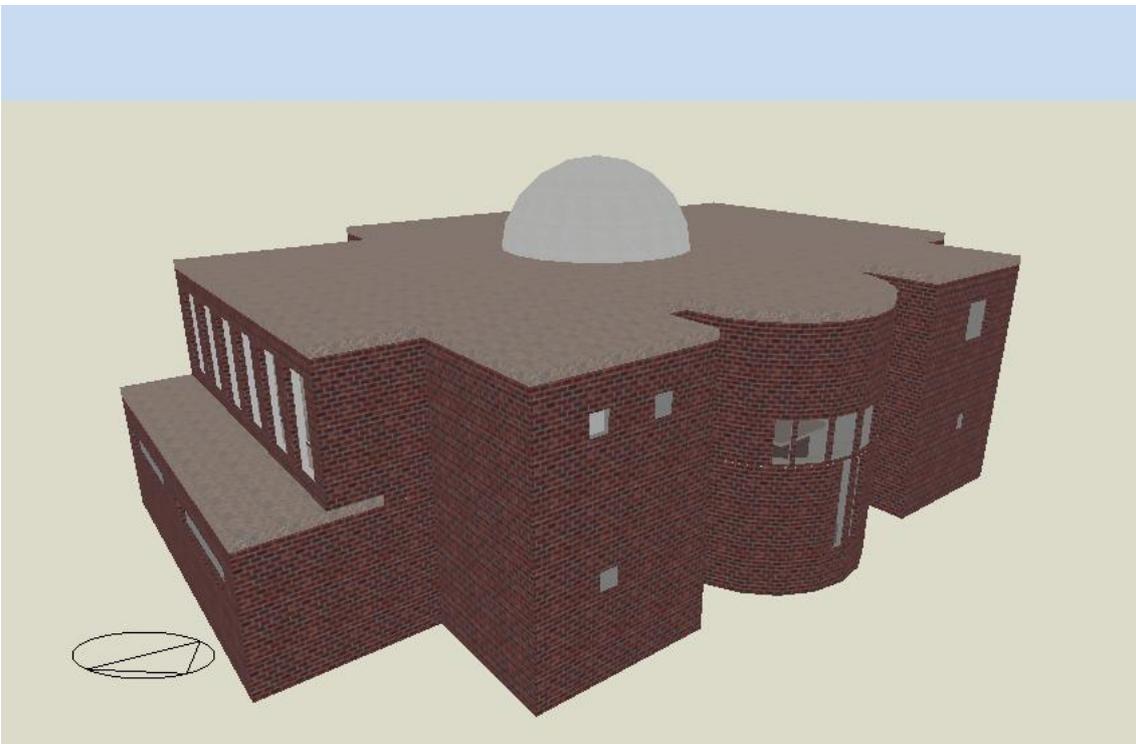
A través del módulo de visualización del programa obtenemos una representación visual del modelo geométrico del edificio mediante un renderizado realista, ofreciéndonos además la posibilidad de realizar un estudio de los elementos de sombreado en distintos instantes de año de cara a estudiar las posibles opciones de protección solar y de diseño de dispositivos de sombra.



*Figura 4.14. Análisis de sombras interiores.*



*Figura 4.15. Análisis de sombras exteriores.*



*Figura 4.16. Visualización del modelo renderizado.*

#### 4.6. SIMULACIÓN ENERGÉTICA.

La simulación energética es el núcleo principal del programa y se basa en el motor de simulación Energy Plus.

Energy Plus es un motor de simulación gratuito. Sin embargo, su complejidad radica en la entrada de datos (a través de un lenguaje propio que debe utilizarse un entorno tipo “bloc de notas”). Energy Plus está pensado para que se desarrollen en torno al mismo, aplicaciones gráficas y manejables que aprovechen su potencia de cálculo, como es el caso del programa Design Builder.

Design Builder lleva integrado Energy Plus de forma que cuando pulsamos el botón de Simular, automáticamente se lanza el cálculo en Energy Plus y Design Builder recoge los resultados que éste le proporciona para mostrarlos gráfica y numéricamente.

Energy Plus es un motor sumamente completo y complejo, del que Design Builder incorpora sus principales funcionalidades pero necesariamente no todas (sirva de idea que el manual de programación de la entrada de datos de Energy Plus tiene más de 2.200 páginas). Sin embargo, siempre existe la posibilidad de exportar el modelo desde Design Builder a formato Energy Plus y trabajar con él externamente para incorporar aquel elemento que pueda haber quedado fuera del alcance de Design Builder.

Entre otras, los datos que Design Builder proporciona a través de la simulación mediante Energy Plus son las siguientes:

- Cálculo de cargas

Design Builder implementa de forma específica el cálculo de cargas máximas de calefacción y refrigeración conforme al estándar ASHRAE. Esta funcionalidad es especialmente interesante de cara al dimensionado de las instalaciones.

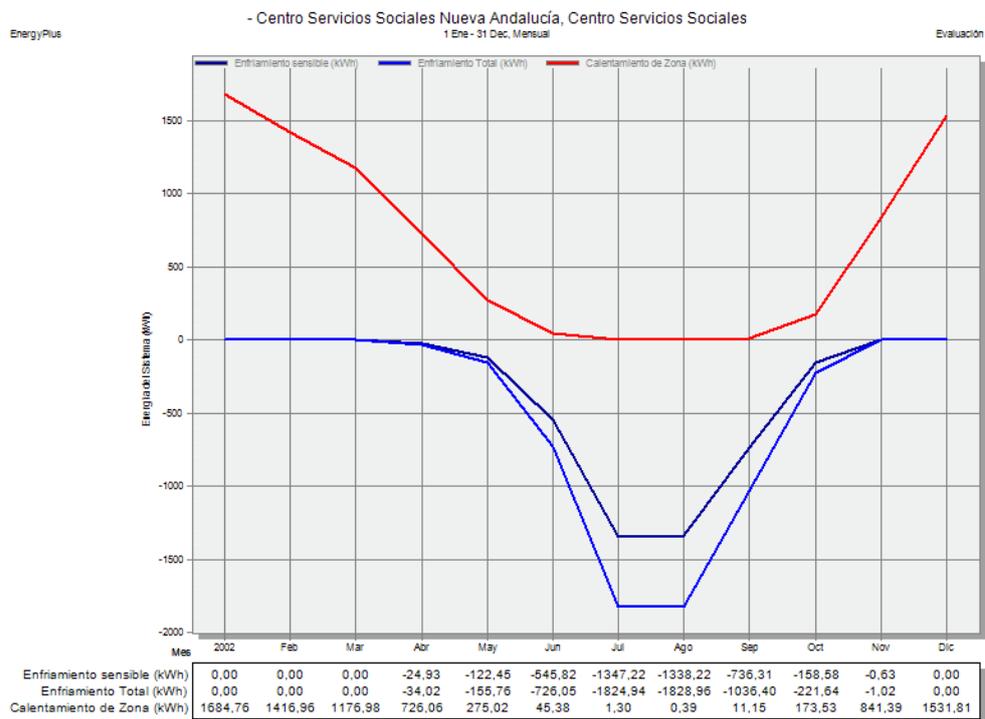


Figura 4.17. Análisis de cargas.

- Cálculo de la demanda de calefacción y refrigeración.

Mediante una opción sencilla del programa, es posible calcular la demanda de forma ágil durante las primeras etapas del diseño orientado a la mejora del diseño bioclimático del edificio, sin entrar a modelar en detalle las instalaciones de climatización.

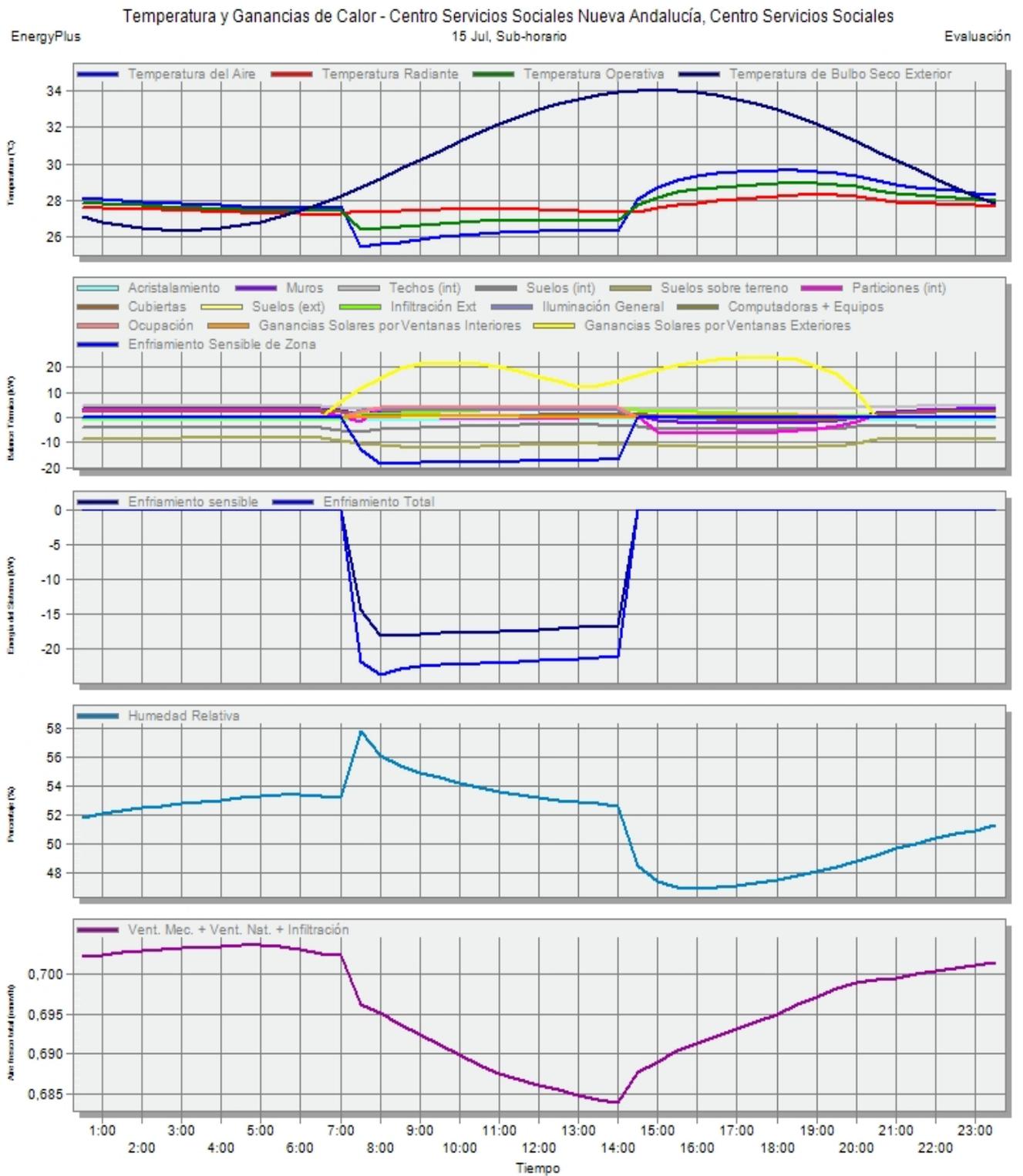


Figura 4.18. Temperatura y ganancias de calor.

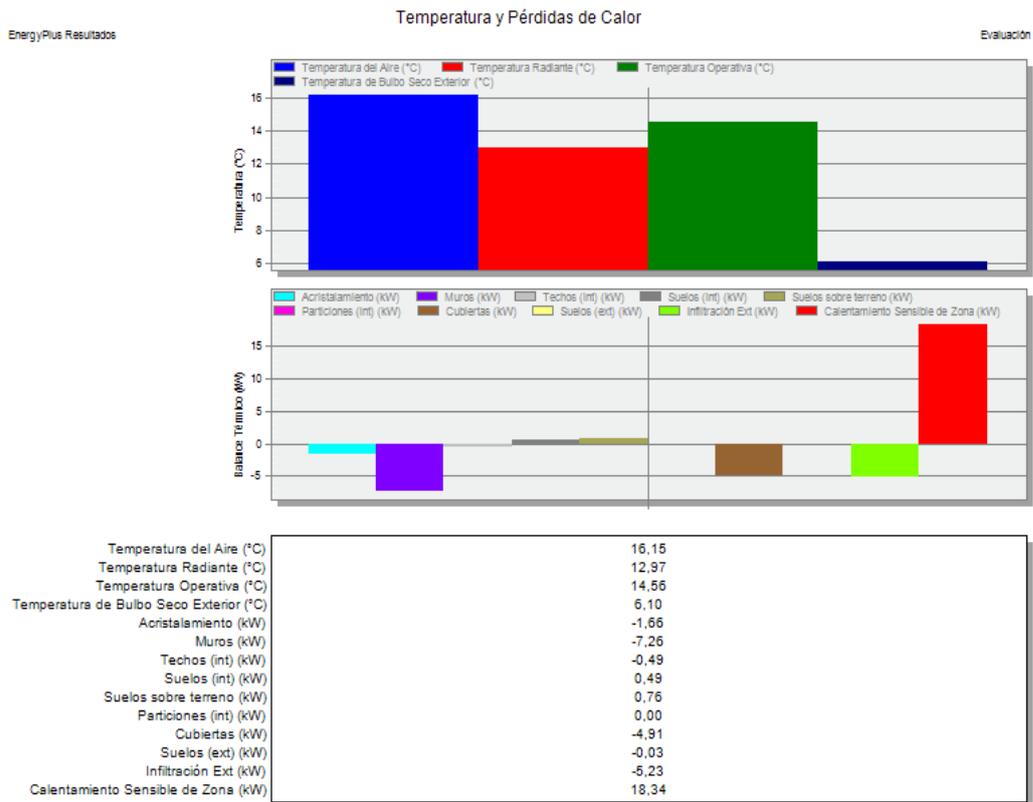


Figura 4.19. Temperaturas y pérdidas de calor.

- Cálculo de los consumos de calefacción, refrigeración y ACS y de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Introduciendo las instalaciones, que pueden modelizarse en diferentes niveles de detalle y complejidad, obtenemos los consumos energéticos y el gasto en combustible (electricidad, gas, biomasa, etc.) así como las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas.

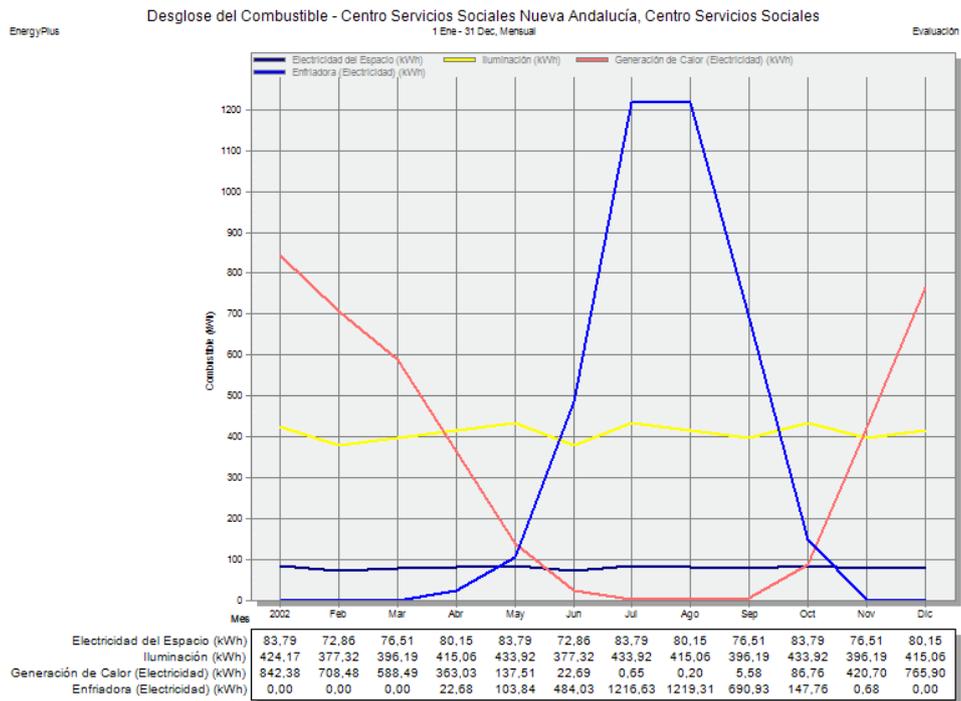


Figura 4.20. Consumos de energía producidos por las instalaciones del edificio.

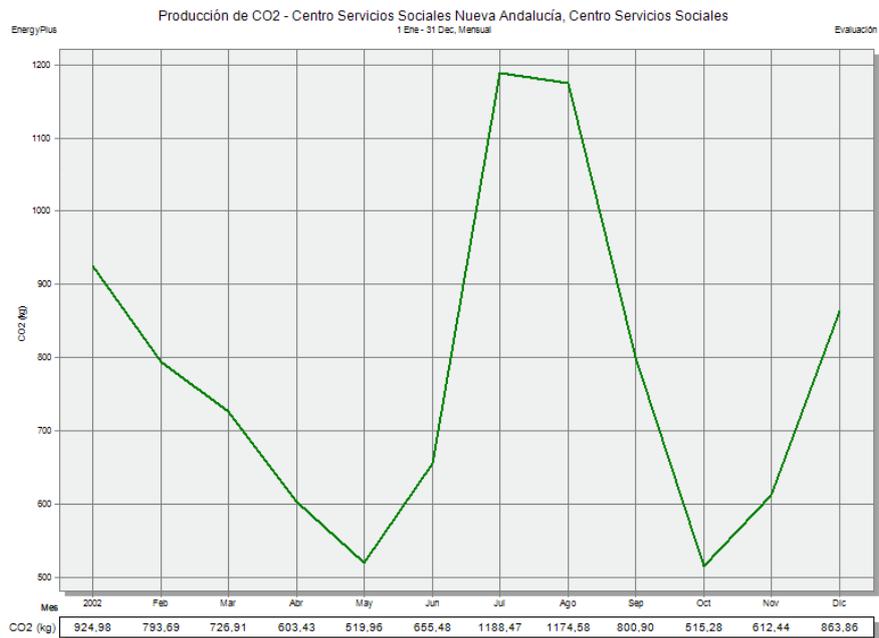


Figura 4.21. Consumo de CO<sub>2</sub> producido por las instalaciones del edificio.

- Cálculo de las condiciones ambientales interiores

Esté climatizado o no, obtenemos resultados de las condiciones interiores del edificio, temperatura y humedad, en cualquier instante del año.

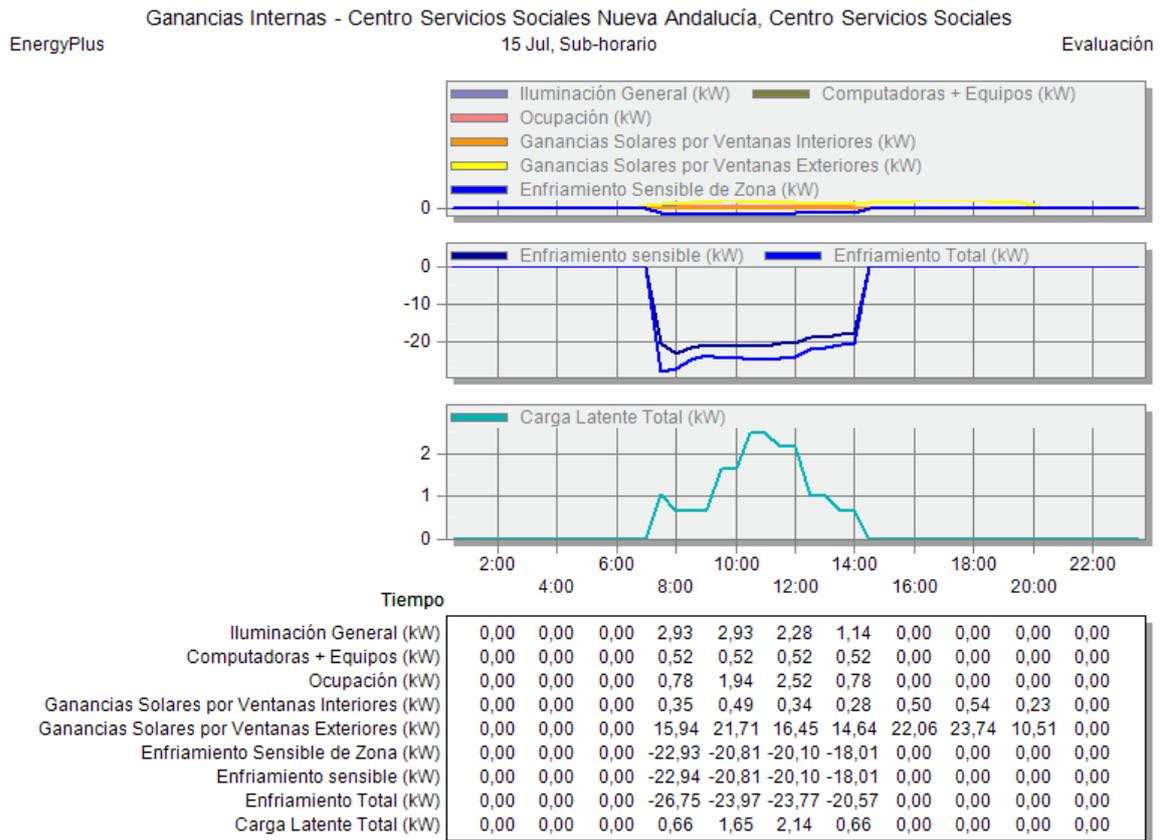


Figura 4.22. Ganancias internas.

- Cálculo de las condiciones de confort

Mediante diversos índices de confort, como el PMV, PPD, la temperatura operativa o el porcentaje de horas a determinadas temperaturas, forman parte de los resultados que Design Builder puede mostrarnos.

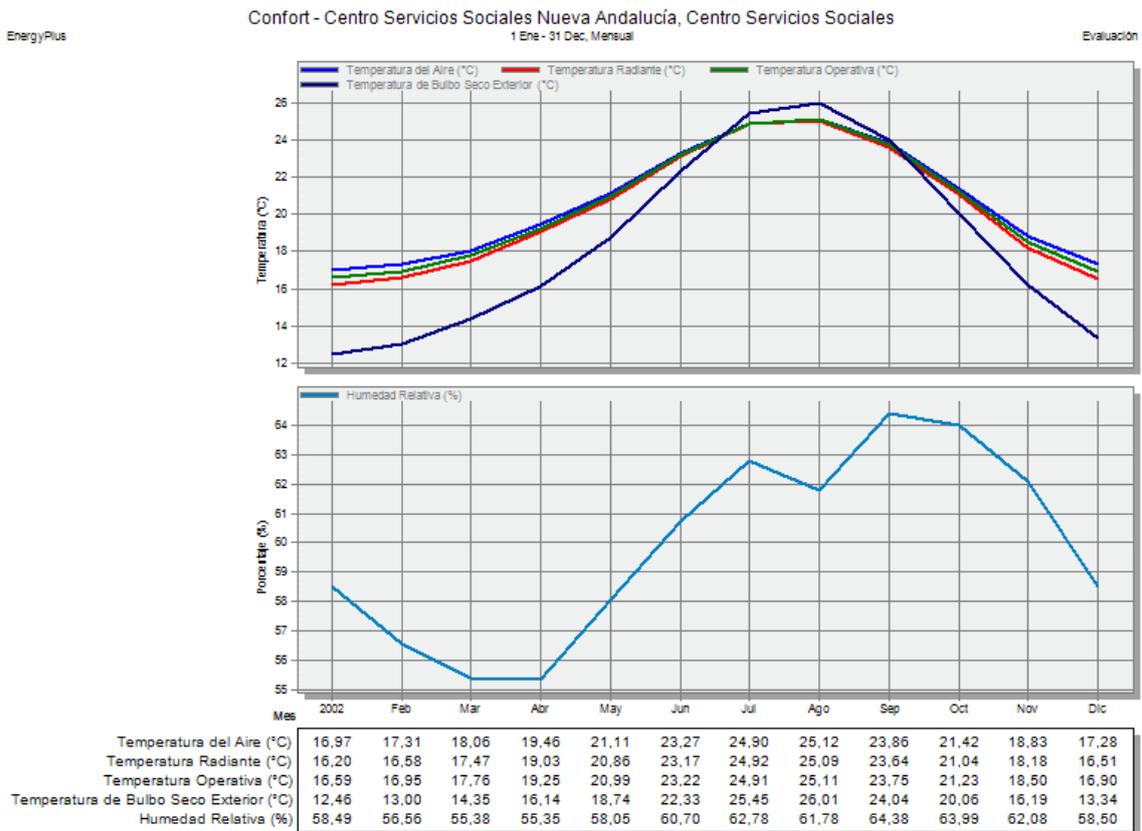


Figura 4.23. Condiciones de confort.

- Balance Térmico

Design Builder nos mostrará las ganancias solares, por ocupación, iluminación, etc. así como las pérdidas en ventilación, transmisión de cerramientos, etc. dándonos valiosa información acerca de los elementos más críticos en el balance térmico de nuestro edificio.

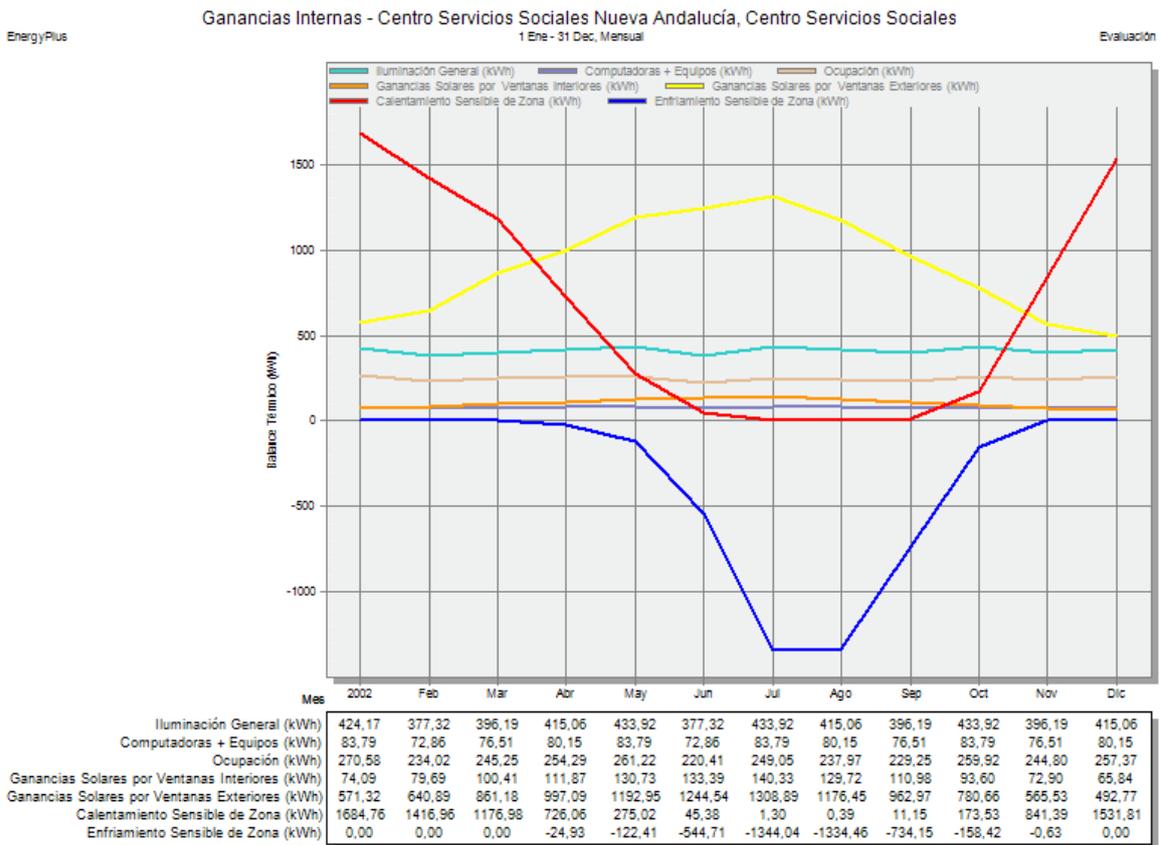


Figura 4.24. Ganancias y pérdidas del edificio.

- Ventilación

Podremos obtener las renovaciones/hora que tenemos en el edificio así como los caudales que entran por cada abertura, en caso de que hayamos realizado un cálculo de ventilación natural.

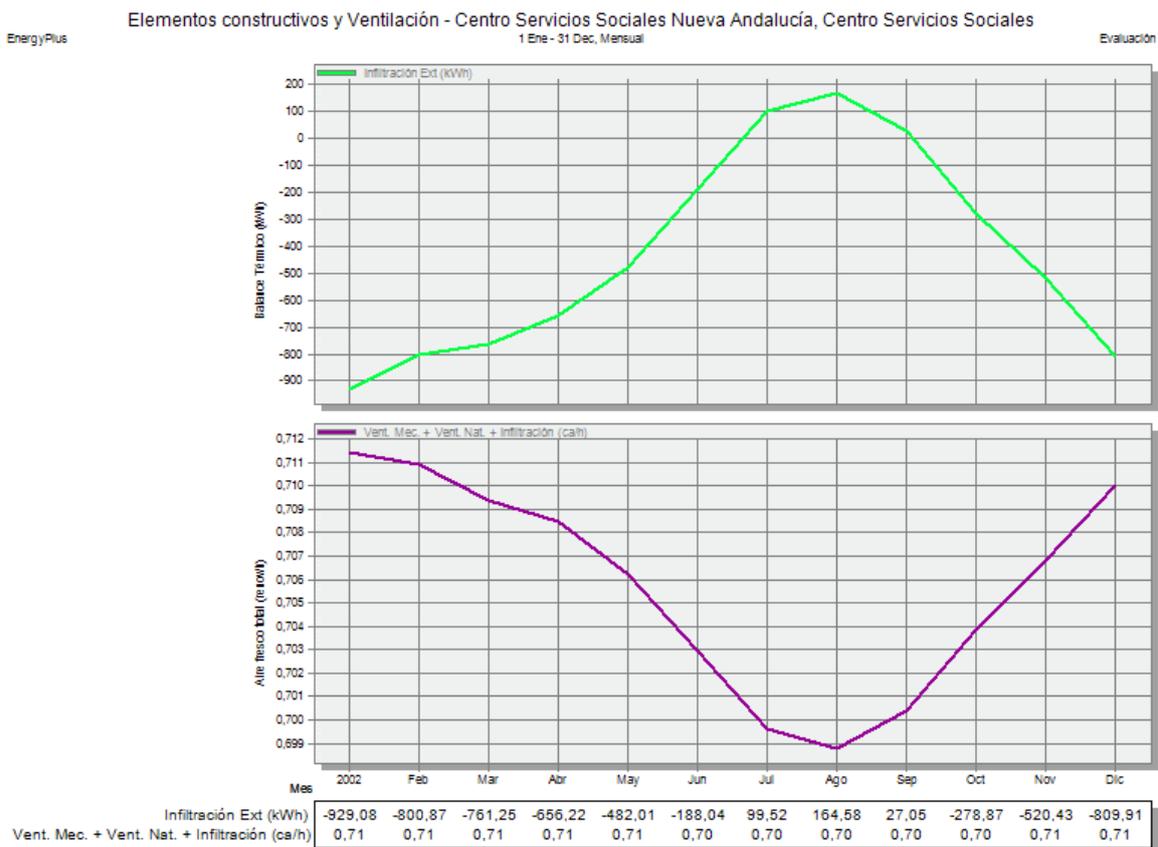


Figura 4.25. Características de la ventilación.

- Inercia Térmica:

El programa aplica directamente, al realizar los cálculos referentes a las necesidades térmicas y energéticas, las características de los distintos paramentos que componen el edificio teniendo en cuenta la inercia térmica de estos, utiliza para ello el método de transferencia en el cual se tiene en cuenta en función de las dimensiones y características físicas de las distintas capas de un paramento el tiempo en el que la energía que acumula consecuencia de las condiciones ambientales exteriores pasan al interior de la edificación.

Así a través de los datos introducidos en el proceso de descripción de cerramientos el programa evalúa la inercia térmica de estos teniéndola en cuenta en el cálculo global de las necesidades energéticas del edificio.

Como vemos a través de estas herramientas informáticas encontramos gran cantidad de información que hace posible realizar un completo estudio de los edificios objeto de la tesis, haciendo posible que se puedan implementar distintas mejoras conducentes a la mejora de la eficiencia energética, indicándonos además el grado de afectación en función del tipo de actividad y características del edificio en el que se lleva a cabo.

En nuestro trabajo obtenemos a través de Energy Plus la energía consumida por el edificio en el desarrollo de su actividad en un año natural, pudiendo estudiar mediante el desglose que nos proporciona cuales son los consumos mayores y a que son debidos, iluminación, generación de calor, generación de frío, etc., estos datos varían en función de los datos de partida introducidos relativos a la envolvente térmica, la situación, la actividad que se desarrolla en su interior, los equipos con los que cuenta, etc.

Así mediante la obtención de esta información se puede estudiar energéticamente el edificio como conjunto, encontrando los parámetros que más afectan directamente al consumo energético y proporcionando la posibilidad de modificarlos para conseguir mejoras de ahorro y eficiencia energética. Una vez aplicadas las mejoras, se estudia el comportamiento del edificio cambiando estos parámetros observando los ahorros que nos generan.

Como desarrollamos en el capítulo siguiente a través de la información proporcionada por las herramientas informáticas implementamos cambios en los edificios simulados y se estudia la evolución energética en los mismos.

## BIBLIOGRAFÍA.

- [1] R.E. Shannon. "Systems Simulation: The Art and Science", Prentice-Hall, Universidad de Michigan, 1975.
- [2] Pegden, C. D., R.E. Shannon, Sadowski, R.P. "Introduction to Simulation Using SIMAN", 2nd Edition, McGraw-Hill and Engineering Management, John-Wiley & Sons, 1995.
- [3] R.E. Shannon. "Engineering Management". John-Wiley & Sons. 1980.
- [4] R.E. Shannon. "Introduction to the art and science of simulation". Industrial Engineering. Texas A&M University.
- [5] Ministerio de Vivienda de España, "Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo: Código Técnico de la Edificación: Parte 1". 2006.
- [6] NIST. National Institute of Standards and Technology (EE.UU.)
- [7] IDAE Guía Técnica. Procedimientos y aspectos de la simulación de instalaciones térmicas en edificios. Madrid 2008.

# **CAPÍTULO 5: ANÁLISIS Y ESTUDIO ENERGÉTICO DE EDIFICIOS MUNICIPALES**

## 5.1. EDIFICIO CENTRO DE SERVICIOS SOCIALES “NUEVA ANDALUCÍA”.

### 5.1.1. SITUACIÓN.

El edificio objeto de estudio es el Centro de Servicios Sociales “Nueva Andalucía” del Excmo. Ayuntamiento de Almería, está ubicado en la Carrera del Doctoral, s/n del término municipal de Almería, Andalucía.



*Figura 5.1.1. Localización del Centro de Servicios Sociales.*

### 5.1.2. DESCRIPCIÓN GENERAL Y USO.

El uso principal del edificio es administrativo realizándose las tareas propias de un Centro de Servicios Sociales, en las salas de usos múltiples se organizan talleres educativos. El horario de funcionamiento es de 8 a 15 horas, de lunes a viernes, permaneciendo cerrado el resto del día.

Consta de dos plantas sobre rasante, encontrándose en planta primera los despachos de los trabajadores, aseo y almacén, contando con unas terrazas, en planta baja hay dos salas de usos múltiples, aseos así como dos despachos para atención al público y el hall. El edificio tiene la particularidad de contar con un hueco entre el forjado de la planta baja y primera quedando este espacio conectado terminando en una bóveda que encontramos en la cubierta.

Se adjunta algunas fotografías para facilitar la comprensión de la morfología del edificio.



*Figura 5.1.2. Vestíbulo principal.*



*Figura 5.1.3. Fachada.*



Figura 5.1.4. Fachada posterior.

### 5.1.3. DISTRIBUCIÓN.

El edificio consta de dos plantas sobre rasante, en la siguiente tabla se expresan las áreas ocupadas por cada una de las plantas:

Tabla 5.1.1. Superficies por plantas.

PLANTA	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )
BAJA	340,79
PRIMERA	255,50

A continuación se muestra una tabla con las alturas de forjado a forjado y las alturas absolutas de cada planta:

Tabla 5.1.2. Alturas.

PLANTA	COTA RELATIVA (m)	ALTURA (m)
BAJA	3,5	3,5
PRIMERA	6,5	3,0

Se describen a continuación cada una de las plantas determinando su forma y dimensiones:

**PLANTA BAJA**

A esta planta le corresponden 340,79 m<sup>2</sup> la distribución se puede ver en el siguiente plano:

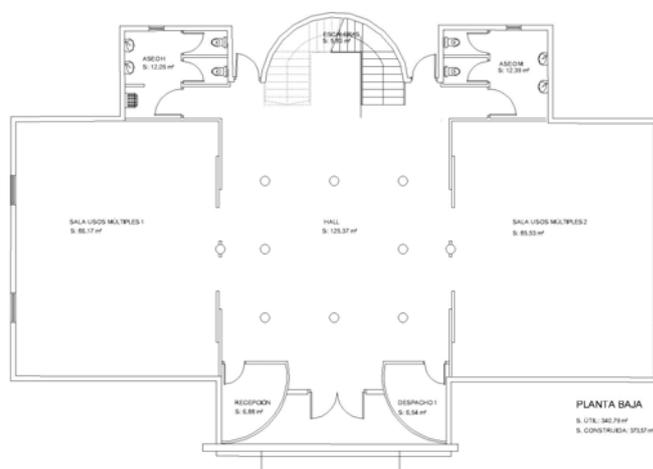


Figura 5.1.5. Planta Baja.

Tabla 5.1.3. Superficies planta baja.

PLANTA BAJA	
DEPENDENCIA	SUPERFICIE
Sala de usos múltiples 1	86,17
Sala de usos múltiples 2	85,53
Hall	131,23
Recepción	6,88
Despacho 1	6,54
Aseo Hombre	12,05
Aseo Mujer	12,39
<b>TOTAL</b>	<b>340,79</b>

**PLANTA PRIMERA**

A esta planta le corresponden 255,50 m<sup>2</sup> la distribución se puede ver en el siguiente plano:

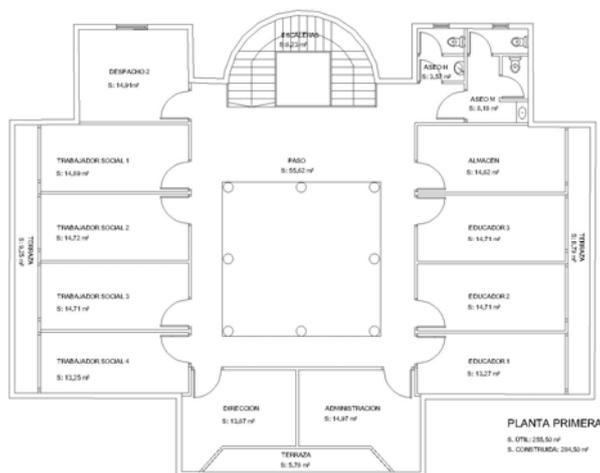


Figura 5.1.6. Planta Alta.

Tabla 5.1.4. Superficies planta alta.

PLANTA ALTA	
DEPENDENCIA	SUPERFICIE
Despacho 10	14,91
Despacho 9	14,69
Despacho 8	14,72
Despacho 7	14,71
Despacho 6	13,25
Despacho 5	13,67
Despacho 4	14,97
Despacho 3	13,27
Despacho 2	14,71
Despacho 1	14,71
Almacén	14,62
Aseos	11,75
Hall	61,85
Terraza 1	9,25
Terraza 2	8,79
Terraza 3	5,76
<b>TOTAL</b>	<b>255,50</b>

#### 5.1.4. MATERIALES.

Los materiales que se describen a continuación son los que componen el edificio, teniendo en cuenta sus espesores así como el orden de colocación de las capas, siendo las características de éstos las que el programa no facilita de su propia base de datos. Así tendremos las siguientes composiciones de cerramientos y particiones.

##### FACHADA

*Tabla 5.1.5. Composición de la fachada por capas.*

Capas	Grosor
Ladrillo perforado	10 cm
Mortero de cemento	1,5 cm
Ladrillo hueco doble	10 cm
Enlucido en yeso	1,5 cm

**Transmitancia Térmica U: 1,76 W/m<sup>2</sup>k**

##### CUBIERTA

*Tabla 5.1.6. Composición de la cubierta por capas.*

Capas	Grosor
Arena y grava	5 cm
Mortero de cemento	5 cm
Lámina bituminosa	0,2 cm
Forjado unidireccional	30 cm

**Transmitancia Térmica U: 1,65 W/m<sup>2</sup>k**

##### SOLERA

*Tabla 5.1.7. Composición de la solera por capas.*

Capas	Grosor
Arena	20 cm
Polietileno	0,2 cm
Hormigón armado	20 cm

**Transmitancia Térmica U: 2,53 W/m<sup>2</sup>k**

### FORJADO ENTRE PISOS

Tabla 5.1.8. Composición del forjado entre pisos por capas.

Capas	Grosor
Forjado unidireccional	30 cm

**Transmitancia Térmica U: 2,06 W/m<sup>2</sup>k**

### TABICÓN

Tabla 5.1.9. Composición del tabicón por capas.

Capas	Grosor
Enlucido en yeso	1,5 cm
Ladrillo hueco doble	9 cm
Enlucido en yeso	1,5 cm

**Transmitancia Térmica U: 1,74 W/m<sup>2</sup>k**

A continuación se describen las ventanas que forman parte del edificio, éstas son todas del mismo tipo aunque de distintas dimensiones dependiendo de la zona del edificio. Son ventanas de acristalamiento simple de 3 mm., el marco es de aluminio lacado en color oscuro.

### VENTANA

Tabla 5.1.10. Composición de las ventanas.

Capas	
Acristalamiento	Simple de 3 mm
Marco	Metálico sin rotura puente térmico
Color marco	Oscuro
Porcentaje ocupado por el marco	10,00%

**Transmitancia Térmica U: 5,89 W/m<sup>2</sup>k**

#### **5.1.5. OCUPACIÓN.**

Para dimensionar la ocupación prevista del edificio el programa nos obliga a asignar un ratio de ocupantes por metro cuadrado climatizado, comprobando la ocupación según las indicaciones del Documentos Básico Seguridad en caso de incendio (DB-SI) en concreto su sección SI-3 Evacuación de ocupantes del Código

Técnico de la Edificación, asignamos un ratio de 0,2 personas/m<sup>2</sup> obteniendo una ocupación similar según observamos en la tabla siguiente:

Tabla 5.1.11. Ocupación del edificio.

DEPENDENCIA	SUP. UTIL m <sup>2</sup>	Ratio pers/m <sup>2</sup>	Nº personas
<b>PLANTA BAJA</b>			
Sala de usos múltiples 1	86,17	0,2	18
Sala de usos múltiples 2	85,53	0,2	18
Hall	131,23	0,2	27
Recepción	6,88	0,2	2
Despacho 1	6,54	0,2	2
Aseo Hombre	12,05	Alternativa	0
Aseo Mujer	12,39	Alternativa	0
<b>PLANTA PRIMERA</b>			
Despacho 10	14,91	0,2	3
Despacho 9	14,69	0,2	3
Despacho 8	14,72	0,2	3
Despacho 7	14,71	0,2	3
Despacho 6	13,25	0,2	3
Despacho 5	13,67	0,2	3
Despacho 4	14,97	0,2	3
Despacho 3	13,27	0,2	3
Despacho 2	14,71	0,2	3
Despacho 1	14,71	0,2	3
Almacén	14,62	0,2	0
Aseos	11,75	Alternativa	0
Hall	61,85	0,2	13
Terraza 1	9,25	Sin ocupación	0
Terraza 2	8,79	Sin ocupación	0
Terraza 3	5,76	Sin ocupación	0
<b>TOTAL</b>			<b>110</b>

5.1.6. CONDICIONES DE DISEÑO EXTERIORES E INTERIORES.

Para el cálculo de los consumos energéticos del edificio se han tenido en cuenta las condiciones exteriores proporcionadas por el programa de cálculo según la localización geográfica siendo éstas para el año tipo las siguientes:

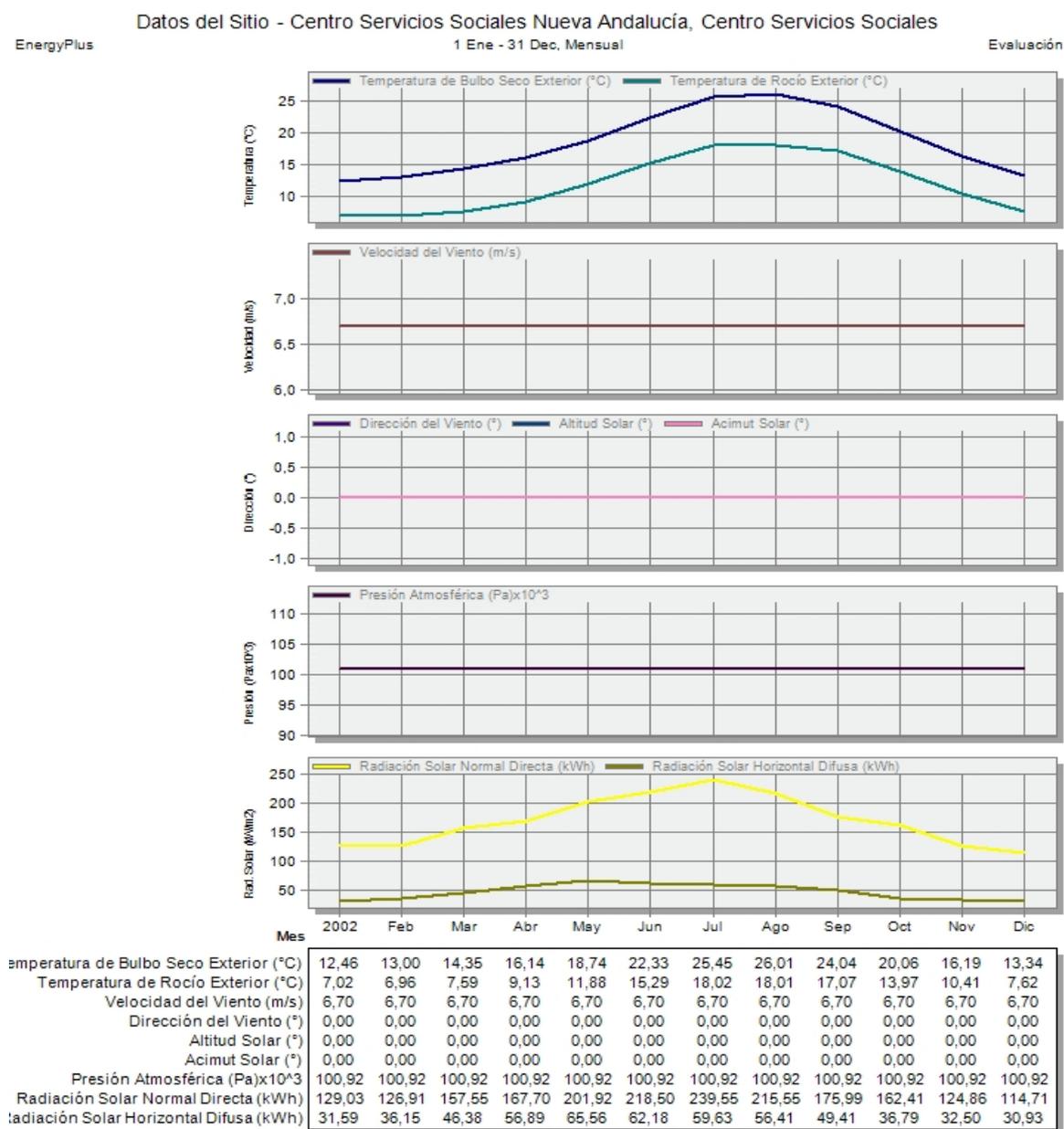


Figura 5.1.7. Condiciones de diseño exteriores.

Condiciones para el cálculo de verano:

Datos del Sitio - Centro Servicios Sociales Nueva Andalucía, Centro Servicios Sociales EnergyPlus 15 Jul, Sub-horario Evaluación

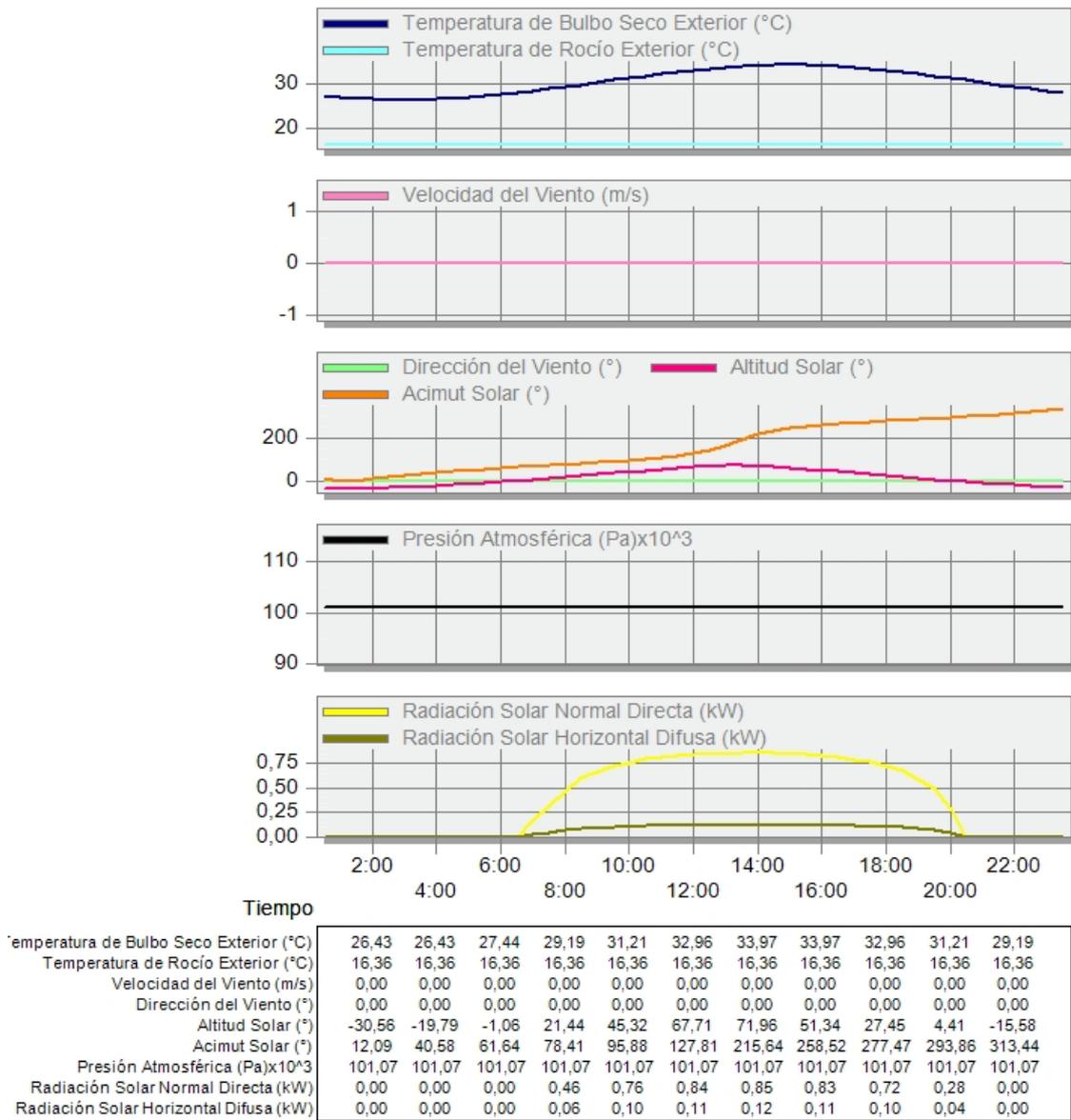


Figura 5.1.8. Condiciones de diseño para verano.

La radiación solar la aporta directamente el programa de simulación según la base de datos proporcionada por METEONORM. Los datos que utiliza tienen en cuenta las correcciones necesarias debidas a las coordenadas geográficas de la ubicación del edificio. Al tratarse de una simulación dinámica nos proporciona los datos de radiación solar hora a hora teniendo en cuenta la orientación del edificio, del mismo modo

corrige los ángulos de incidencia en función de la disposición de los cerramientos, verticales y horizontales.

Condiciones para el cálculo de invierno:

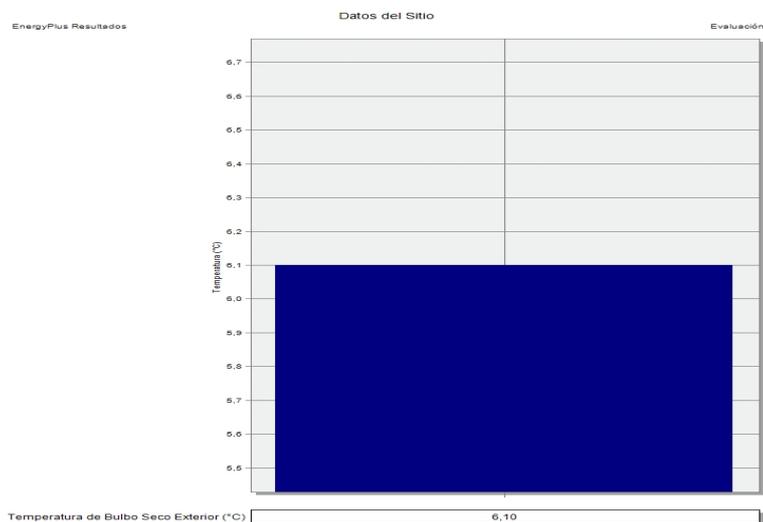


Figura 5.1.9. Condiciones de diseño para invierno.

Las características de diseño interiores en los locales climatizados será de 21°C para invierno y 23°C para verano, la humedad relativa estará entre el 43 y 58% según RITE.

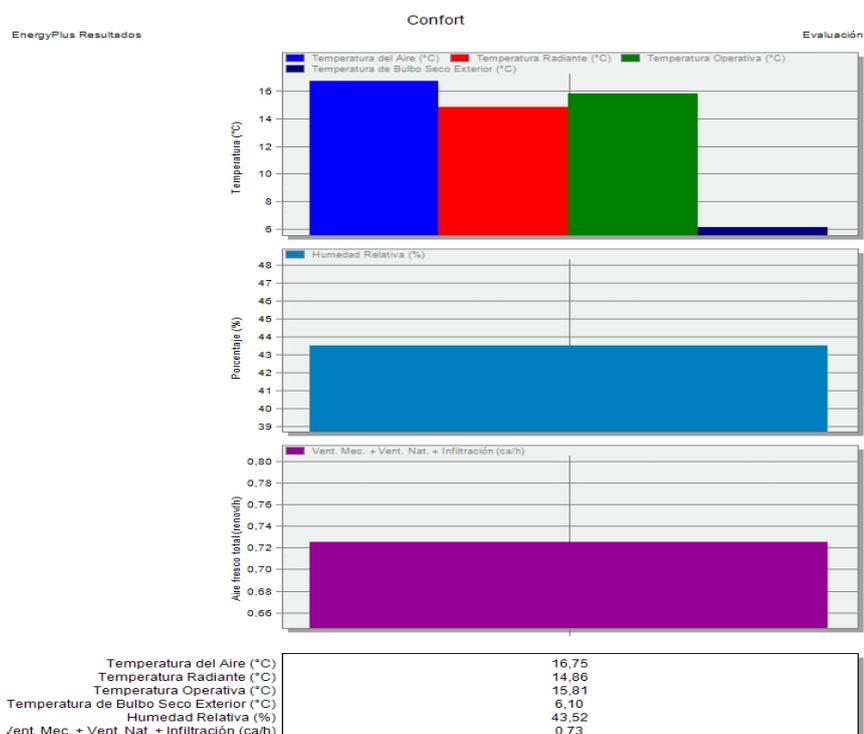


Figura 5.1.10. Condiciones de diseño interiores para invierno.

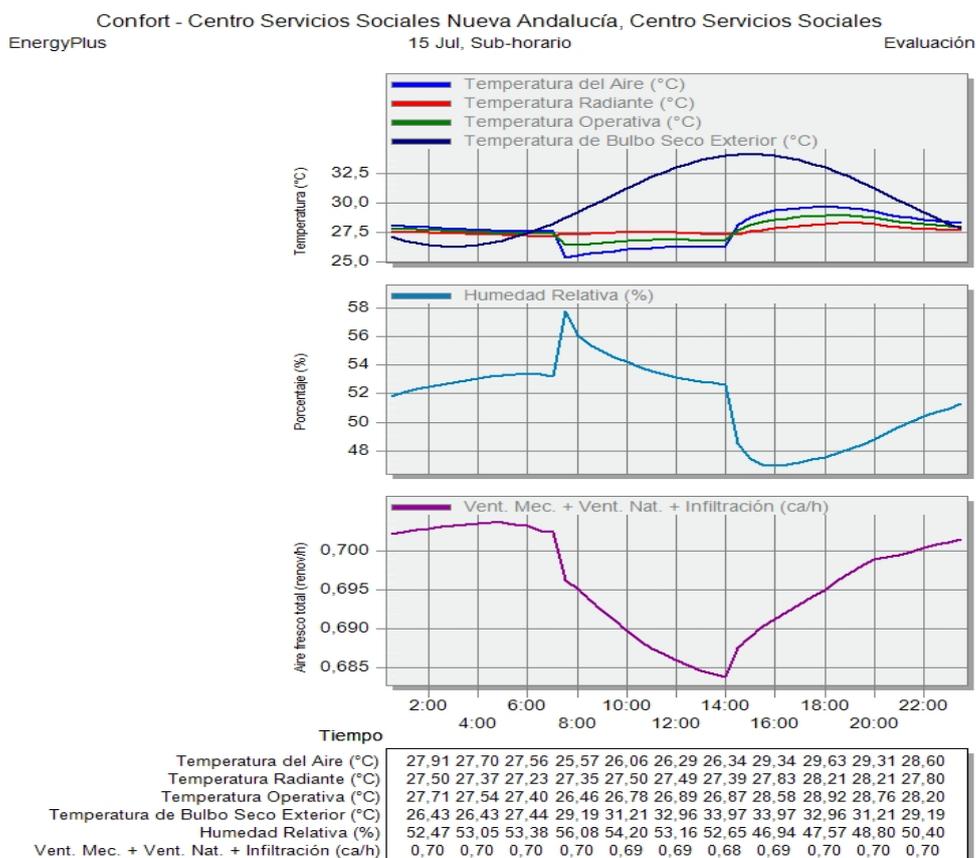


Figura 5.1.11. Condiciones de diseño interiores para verano.

### 5.1.7. CONSUMOS ENERGÉTICOS.

#### 5.1.7.1.- CONSUMOS CLIMATIZACIÓN.

La climatización del edificio se lleva a cabo mediante equipos del tipo partido con inversión del ciclo de funcionamiento como bomba de calor reversible y sistema de funcionamiento inverter, los equipos exteriores están instalados en cubierta del edificio y zona de terrazas conectando éstos con los evaporadores interiores mediante interconexión frigorífica, son del tipo split siendo todos los conjuntos del tipo 1+1. Los equipos instalados son de la marca DAIKIN encontrando distintos modelos según las dependencias, así tenemos que en cada una de las salas de usos múltiples hay instalado un conjunto FTX-71-GV con una potencia de 7100 W para refrigeración y 6106 W para calefacción y en el resto de dependencias climatizadas hay un conjunto FTX-20-JV con una potencia de 2000 W para refrigeración y 2500 W para calefacción.

5.1.7.2.- CONSUMOS ILUMINACIÓN.

La iluminación de todas las dependencias se lleva a cabo mediante luminarias de superficie de alumbrado fluorescente con tubos de 16 mm. y una potencia de 35W no dispone de ningún tipo de sistema de control, para el cálculo mediante el programa le hemos asignado el valor de 5W/m<sup>2</sup>-100 lux. Se obtienen los valores de consumos de iluminación siguientes:

*Tabla 5.1.12. Potencia instalada iluminación interior.*

DEPENDENCIA	SUPERFICIE m2	DENSIDAD POTENCIA ILUMINACIÓN W/m2	POTENCIA TOTAL W
<b>PLANTA BAJA</b>			
Sala de usos múltiples 1	86,17	10	861,70
Sala de usos múltiples 2	85,53	10	855,30
Hall	131,23	10	1.312,30
Recepción	6,88	10	68,80
Despacho 1	6,54	10	65,40
Aseo Hombre	12,05	10	120,50
Aseo Mujer	12,39	10	123,90
<b>PLANTA PRIMERA</b>			
Despacho 10	14,91	10	149,10
Despacho 9	14,69	10	146,90
Despacho 8	14,72	10	147,20
Despacho 7	14,71	10	147,10
Despacho 6	13,25	10	132,50
Despacho 5	13,67	10	136,70
Despacho 4	14,97	10	149,70
Despacho 3	13,27	10	132,70
Despacho 2	14,71	10	147,10
Despacho 1	14,71	10	147,10
Almacén	14,62	10	146,20
Aseos	11,75	10	117,50
Hall	61,85	10	618,50
Terraza 1	9,25	0	0,00
Terraza 2	8,79	0	0,00
Terraza 3	5,76	0	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>255,63</b>		<b>5.726,20</b>

5.1.7.3.- CONSUMOS EQUIPOS.

En lo referente al consumo de equipos se ha tenido en cuenta los equipos de oficina así como los ordenadores asignándoles para el cálculo mediante el programa el valor de  $2W/m^2$ . Se obtienen los valores de consumos de equipos siguientes:

Tabla 5.1.13. Potencia instalada equipos.

DEPENDENCIA	SUPERFICIE m <sup>2</sup>	DENSIDAD POTENCIA EQUIPOS W/m <sup>2</sup>	POTENCIA TOTAL W
<b>PLANTA BAJA</b>			
Sala de usos múltiples 1	86,17	2	172,34
Sala de usos múltiples 2	85,53	2	171,06
Hall	131,23	0	0
Recepción	6,88	2	13,76
Despacho 1	6,54	2	13,08
Aseo Hombre	12,05	0	0
Aseo Mujer	12,39	0	0
<b>PLANTA PRIMERA</b>			<b>0</b>
Despacho 10	14,91	2	29,82
Despacho 9	14,69	2	29,38
Despacho 8	14,72	2	29,44
Despacho 7	14,71	2	29,42
Despacho 6	13,25	2	26,5
Despacho 5	13,67	2	27,34
Despacho 4	14,97	2	29,94
Despacho 3	13,27	2	26,54
Despacho 2	14,71	2	29,42
Despacho 1	14,71	2	29,42
Almacén	14,62	0	0
Aseos	11,75	0	0
Hall	61,85	0	0
Terraza 1	9,25	0	0
Terraza 2	8,79	0	0
Terraza 3	5,76	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>255,63</b>		<b>657,46</b>

5.1.7.4.- CONSUMOS CALDERAS.

No existen calderas en el edificio ya que no se produce Agua Caliente Sanitaria y la calefacción se realiza mediante energía eléctrica.

5.1.7.5.- RÉGIMEN DE OCUPACIÓN Y USOS.

Una vez conocida la ocupación del edificio así como todos los elementos que generan demanda energética, para conseguir que ésta sea lo mas real posible hay que indicar el régimen de funcionamiento fijando horarios de actividad, durante el día, así como porcentajes de utilización de los receptores dentro del día, teniendo en cuenta que es imposible controlar el buen uso de las instalaciones por los usuarios.

El horario de funcionamiento es de 8 a 15 horas, de lunes a viernes, permaneciendo cerrado el resto del día, el régimen de ocupación se puede asimilar al descrito en la siguiente figura.

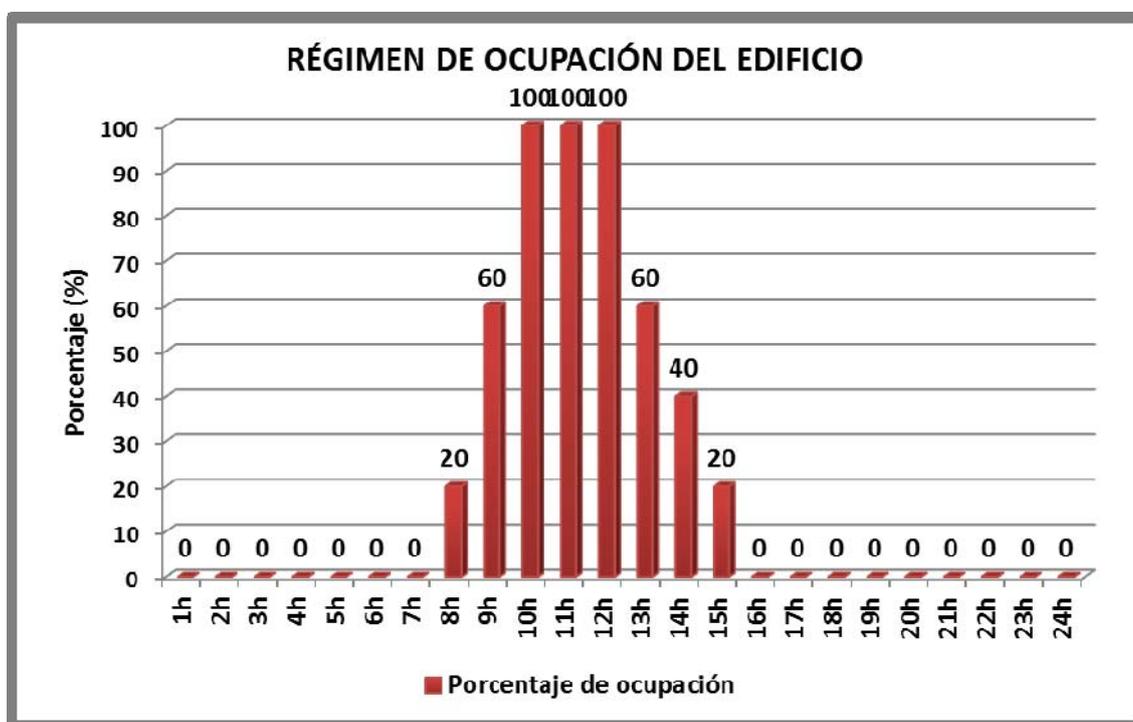


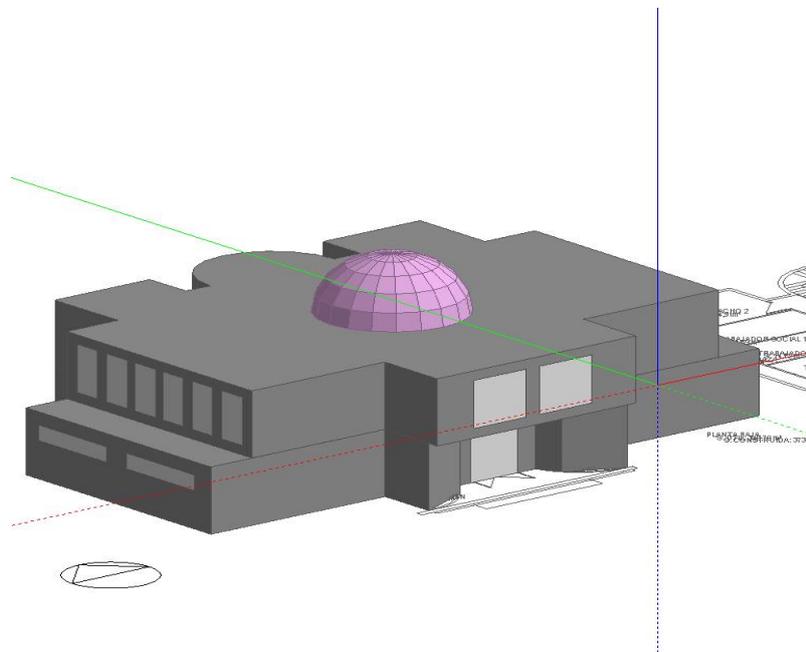
Figura 5.1.12. Representación del régimen de ocupación del edificio.

5.1.7.6.- COSTE ECONÓMICO DEL CONSUMO ENERGÉTICO.

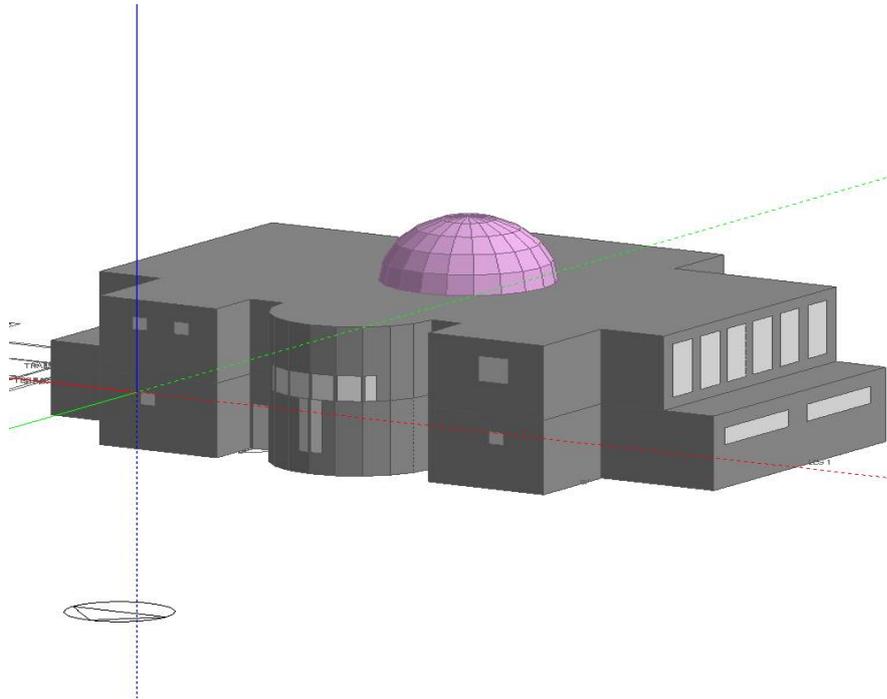
Para obtener el coste económico que genera el consumo energético del edificio y teniendo en cuenta que únicamente se consume energía eléctrica, utilizaremos el valor de €/kWh que actualmente tiene contratado el Excmo. Ayuntamiento de Almería, para una tarifa tipo 3.0A para suministros de más de 15 kW de potencia instalada, concretamente hay 39 kW contratados. Dentro de los distintos periodos de

consumo tomaremos el que recoja los que se producen principalmente en horario de mañana así como el precio del término de potencia correspondiente. Tomamos éste precio como referencia ya que nos encontraríamos en mercado libre y sería variable en función de las distintas ofertas que ofrecen las empresas comercializadoras de energía eléctrica. El precio a tomar será de 0,160965 €/kWh, así como para la potencia sería de 8,036572 €/kW mes, estos precios habría que incrementarlos con los impuesto que en cada momento afecten a este tipo de servicio.

#### 5.1.8. REPRESENTACIÓN DEL EDIFICIO EN DESIGN BUILDER.



*Figura 5.1.13. Representación de volúmenes de fachada principal.*



*Figura 5.1.14. Representación de volúmenes de fachada posterior.*



*Figura 5.1.15. Alzado fachada principal.*



*Figura 5.1.16. Alzado fachada posterior.*



*Figura 5.1.17. Alzado fachada lateral.*

#### **5.1.9. CONSUMOS ENERGÉTICOS REALES DEL EDIFICIO.**

Teniendo en cuenta que en el edificio los consumos energéticos se producen sólo y exclusivamente a través de energía eléctrica, a través de la factura eléctrica

obtendremos la actual demanda energética, mediante las facturas proporcionadas por la compañía suministradora Endesa.

*Tabla 5.1.14. Consumo energético real del edificio.*

MES	CONSUMO ENERGÉTICO (kWh)
ENERO	1.561
FEBRERO	1.874
MARZO	1.675
ABRIL	1.645
MAYO	1.331
JUNIO	1.157
JULIO	1.509
AGOSTO	1.976
SEPTIEMBRE	1.557
OCTUBRE	1.599
NOVIEMBRE	1.505
DICIEMBRE	1.861
<b>TOTAL</b>	<b>19.250</b>

#### 5.1.10. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO MEDIANTE e+.

##### 5.1.10.1.- DATOS INICIALES.

En la tabla anexa se muestran los datos que proporciona el programa de cálculo para el emplazamiento del edificio en el término municipal de Almería.

*Tabla 5.1.15. Datos proporcionados por e+ del edificio.*

Program Version	EnergyPlusDLL 6.0.0.023
Weather	CENTRO SERVICIOS SOCIALES NUEVA ANDALUCÍA
Latitude [deg]	36.85
Longitude [deg]	-2.4
Elevation [m]	21.00
Time Zone	1.00
North Axis Angle [deg]	0.00
Rotation for Appendix G [deg]	0.00
Hours Simulated [hrs]	8760.00

5.1.10.2.- RESUMEN DE DATOS DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los datos introducidos mediante el entorno gráfico al software de cálculo y simulación energética del edificio en el cual especificamos las dimensiones de las distintas dependencias que componen el edificio así como si están climatizadas.

Tabla 5.1.16. Datos por dependencias.

DEPENDENCIA	SUPERFICIE[m <sup>2</sup> ]	VOLUMEN [m <sup>3</sup> ]	CLIMATIZADO
<b>PLANTA BAJA</b>			
Sala de usos múltiples 1	86,17	294,20	SI
Sala de usos múltiples 2	85,53	297,07	SI
Hall	131,23	445,36	NO
Recepción	6,88	20,24	SI
Despacho 1	6,54	19,22	SI
Aseo Hombre	12,05	40,22	NO
Aseo Muier	12.39	41.54	NO
<b>PLANTA PRIMERA</b>			
Despacho 10	14,91	49,22	SI
Despacho 9	14,69	53,34	SI
Despacho 8	14,72	48,57	SI
Despacho 7	14,71	50,03	SI
Despacho 6	13,25	50,03	SI
Despacho 5	13,67	51,54	SI
Despacho 4	14,97	51,11	SI
Despacho 3	13,27	51,26	SI
Despacho 2	14,71	51,35	SI
Despacho 1	14,71	51,28	SI
Almacén	14,62	53,83	NO
Aseos	11,75	42,44	NO
Hall	61,85	391,66	NO
Terraza 1	9,25	33,94	NO
Terraza 2	8,79	26,90	NO
Terraza 3	5,76	20,54	NO

5.1.10.3.- CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA.

Una vez introducidos todos los datos referentes a morfología, materiales, actividad y sistemas de climatización obtenemos que el consumo total del energía del edificio es de 19.626,73 kWh, éste consumo se aproxima mucho al consumo real del edificio en el año obtenido directamente de las facturas de la compañía suministradora, que es de 19.250 kWh, esta diferencia es aceptable ya que el programa de simulación para el cálculo utiliza un año climatológico tipo que no coincide con el año de donde se obtienen los datos reales.

Tabla 5.1.17. Consumo total de energía.

	Energía Total (kWh)	Energía por superficie total del edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energía por superficie total climatizada edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]
<b>TOTAL</b>	19626.73	33.10	60.34

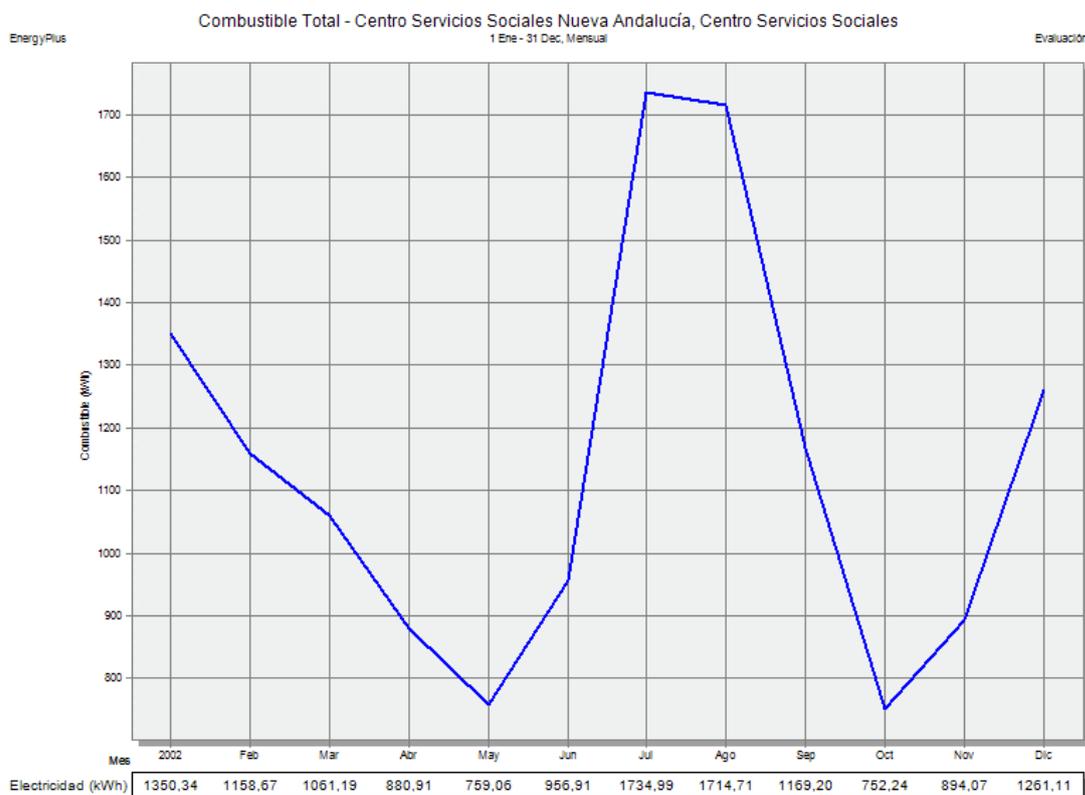


Figura 5.1.18. Distribución de consumo energético anual.

5.1.10.4.- CONSUMOS POR USOS.

A continuación pasamos a desglosar los distintos consumos según los usos que encontramos en el edificio.

*Tabla 5.1.18. Distribución de consumos energéticos por usos.*

	Electricidad (kWh)	Refrigeración (kWh)	Calefacción (kWh)
<b>Calefacción</b>	0.00	0.00	7932.76
<b>Refrigeración</b>	0.00	5828.78	0.00
<b>Iluminación interior</b>	4914.33	0.00	0.00
<b>Iluminación exterior</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos interiores</b>	950.86	0.00	0.00
<b>Equipos exteriores</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Ventiladores</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Bombas</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Humidificador</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Recuperador de calor</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Sistemas de agua</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Generadores</b>	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>5865.19</b>	<b>5828.78</b>	<b>7932.76</b>

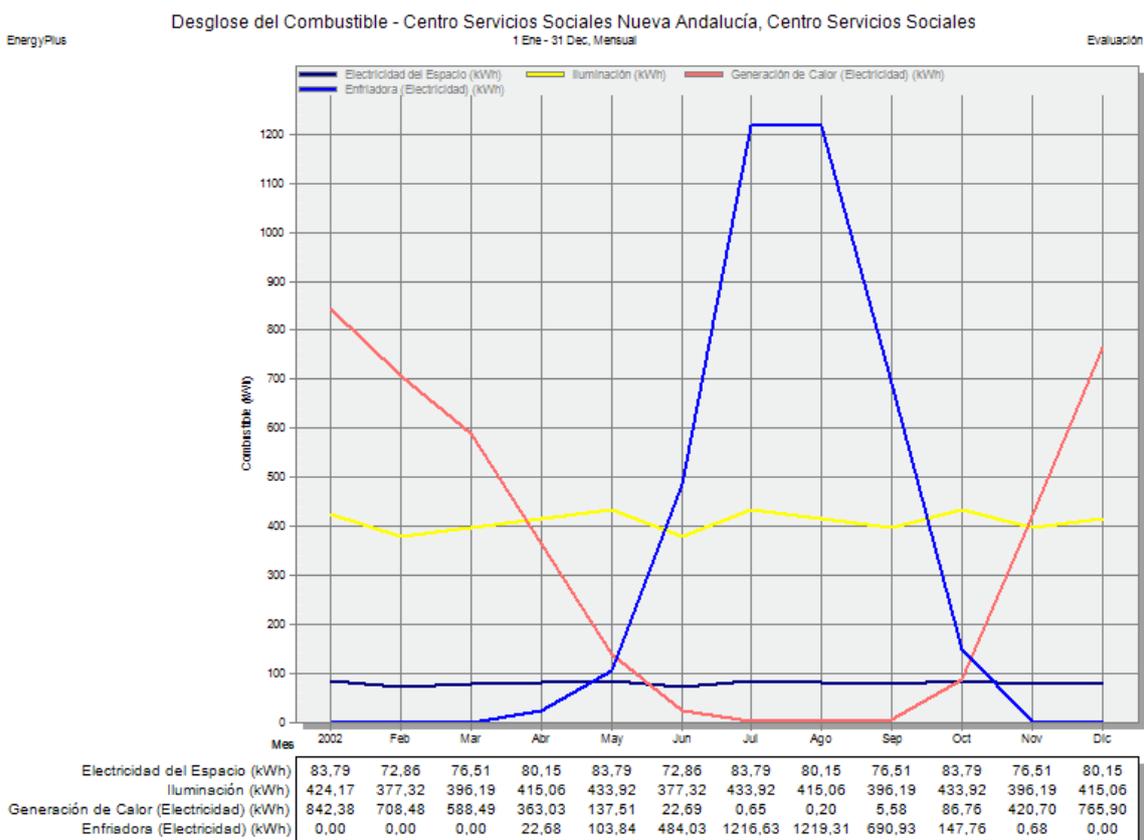


Figura 5.1.19. Distribución de consumos energéticos por usos anual.

Como podemos observar en ésta tabla los consumos energéticos del edificio son los relativos a consumo por iluminación interior con 4.919,33 kWh que supone un 25,03%, consumo por equipos ofimáticos con 950,86 kWh que supone un 4,84%, consumo por refrigeración con 5.828,78 kWh que supone un 29,69% y consumo por calefacción con 7.932,76 kWh que supone un 40,44%.

Observamos que los consumos más importantes son los debidos a calefacción y refrigeración representando éstos un 70,13% del total de energía consumida por el edificio.

Cabe destacar que el consumo debido a calefacción es mayor curiosamente a lo que se podría esperar en una ubicación donde el consumo de refrigeración es muy elevado, sin embargo en este edificio el consumo de calefacción representa un 10% más que el de refrigeración.



Figura 5.1.20. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos.

#### 5.1.10.5.- CONSUMOS POR ÁREA DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla representamos el consumo energético del edificio por metro cuadrado.

Tabla 5.1.19. Intensidad energética.

	Intensidad Electricidad (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> )
Iluminación	8.29	0.00	0.00
Climatización	0.00	9.83	13.38
Otros	1.60	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>9.89</b>	<b>9.83</b>	<b>13.38</b>

#### 5.1.10.6.- CONSUMO MENSUAL DE ILUMINACIÓN Y EQUIPOS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado producido por la instalación de iluminación interior así como la del resto de equipos eléctricos.

Tabla 5.1.20. Consumo energético mensual de iluminación y equipos.

	CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO EQUIPOS [kWh]
<b>Enero</b>	424.17	83.79
<b>Febrero</b>	377.32	72.86
<b>Marzo</b>	396.19	76.51
<b>Abril</b>	415.06	80.15
<b>Mayo</b>	433.92	83.79
<b>Junio</b>	377.32	72.86
<b>Julio</b>	433.92	83.79
<b>Agosto</b>	415.06	80.15
<b>Septiembre</b>	396.19	76.51
<b>Octubre</b>	433.92	83.79
<b>Noviembre</b>	396.19	76.51
<b>Diciembre</b>	415.06	80.15
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>4914.33</b>	<b>950.86</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	377.32	72.86
<b>MÁXIMO MES</b>	433.92	83.79

#### 5.1.10.7.- CONSUMO MENSUAL DE REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado de las instalaciones de refrigeración y calefacción del edificio.

Tabla 5.1.21. Consumo energético mensual de refrigeración y calefacción.

	CONSUMO ELÉCTRICO REFRIGERACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO CALEFACCIÓN [kWh]
Enero	0.00	1693.95
Febrero	0.00	1424.22
Marzo	0.00	1183.22
Abril	34.02	730.75
Mayo	155.76	277.46
Junio	726.05	45.99
Julio	1824.94	1.34
Agosto	1828.96	0.40
Septiembre	1036.40	11.75
Octubre	221.64	176.35
Noviembre	1.02	846.93
Diciembre	0.00	1540.38
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>5828.78</b>	<b>7932.76</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	0.00	0.40
<b>MÁXIMO MES</b>	1828.96	1693.95

#### 5.1.10.8.- PRODUCCIÓN DE CO<sub>2</sub>.

Se obtiene una producción de kg. de CO<sub>2</sub> generados por las instalaciones expresado mensualmente y acumulado al año en la siguiente tabla.

Tabla 5.1.22. Producción mensual de CO<sub>2</sub>.

MES	CONSUMO CO <sub>2</sub> (Kg)
ENERO	924,98
FEBRERO	793,69
MARZO	726,91
ABRIL	603,43
MAYO	519,96
JUNIO	655,48
JULIO	1188,47
AGOSTO	1174,58
SEPTIEMBRE	800,90
OCTUBRE	515,28
NOVIEMBRE	612,44
DICIEMBRE	863,86
<b>TOTAL</b>	<b>9379,98</b>

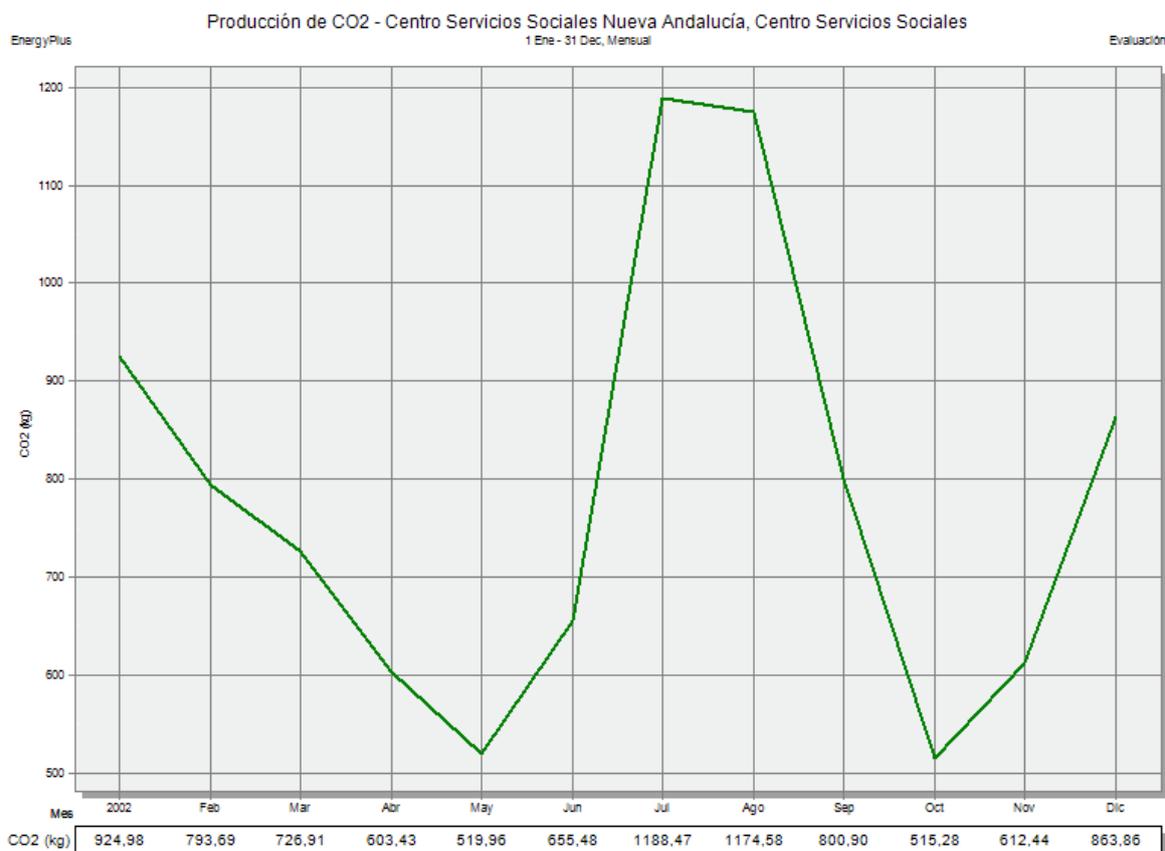


Figura 5.1.21. Distribución de producción de CO<sub>2</sub> anual.

#### 5.1.10.9.- RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS.

En resumen tendremos los siguientes resultados en lo referente a consumo energético expresado en kWh, coste económico consecuencia del consumo energético, e impacto ambiental expresado en kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> en un año natural.

**Consumo energético: 19.626,73 kWh.**

**Coste económico: 3.159,21 € (energía) + 3.761,11 (potencia) = 6.920,32 €**

**Impacto ambiental: 36,69 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>.**

#### 5.1.11. PROPUESTAS DE MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.

A la vista de los resultados obtenidos está claro que las Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética (MAE) a proponer deben ir encaminadas a disminuir la demanda de climatización del edificio, así como aumentar la eficiencia de los equipos que consumen energía, en este caso los equipos de iluminación y de climatización.

Así a la hora de proponer mejoras habrá que buscar que éstas cumplan una serie de requisitos:

- Disminución de la demanda energética del edificio.
- Soluciones constructivas viables y económicas.
- Aumento de eficiencia energética en los equipos consumidores.

#### 5.1.12. MEDIDA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA I.

Se plantea como mejora de las condiciones una medida que influya directamente en el aislamiento del edificio y obtengamos como resultado una disminución en la demanda energética relativa a la climatización, para ello aplicamos un tratamiento de aislamiento sobre la cubierta y la fachada, de esta forma cambiaremos la envolvente del edificio pasando la composición de los cerramientos a ser la siguiente:

FACHADA (MAE I)

Tabla 5.1.23. Composición de la fachada por capas según las mejoras propuestas.

Capas	Grosor
Ladrillo perforado	10 cm
Mortero de cemento	1,5 cm
Poliestireno extruido	8,0 cm
Ladrillo hueco doble	10 cm
Enlucido en yeso	1,5 cm

**Transmitancia Térmica U: 0,342 W/m<sup>2</sup>k**

CUBIERTA (MAE I)

Tabla 5.1.24. Composición de la cubierta por capas según las mejoras propuestas.

Capas	Grosor
Arena y grava	5 cm
Mortero de cemento	5 cm
Poliestireno extruido	5,0 cm
Lámina bituminosa	0,2 cm
Forjado unidireccional	30 cm

**Transmitancia Térmica U: 0,482 W/m<sup>2</sup>k**

Para obtener una reducción en los consumos energéticos debidos a la refrigeración del edificio vamos a aplicarle un sombreamiento a las ventanas mediante una chapa de acero de 1 m. de longitud que hará el efecto de toldo reduciendo la radiación solar.

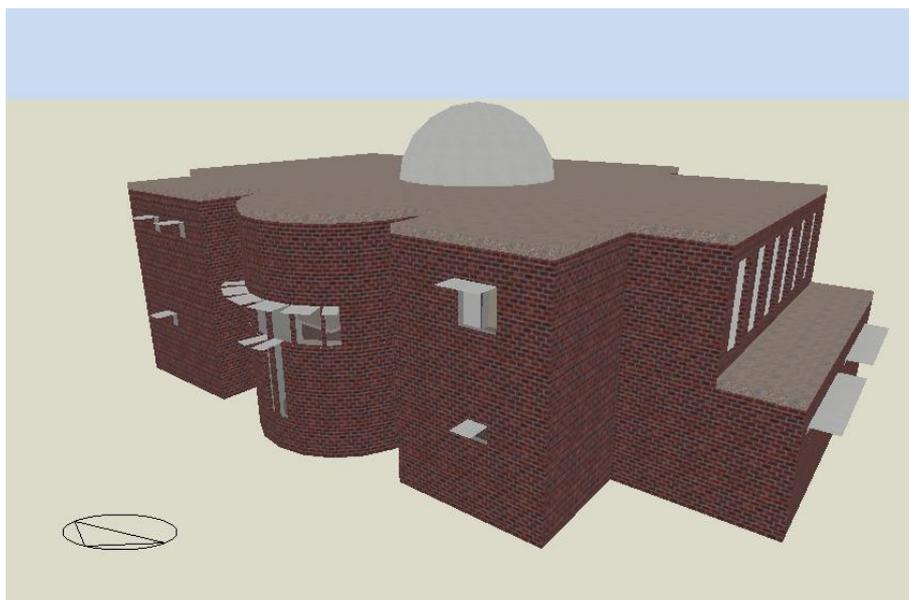


Figura 5.1.22. Alzado fachada posterior con sombreado.

### 5.1.13. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO MEDIANTE e+ SEGÚN MAES I.

#### 5.1.13.1.- CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA.

Realizada la simulación energética del edificio teniendo en cuenta los cambios introducidos para mejorar sus consumos obtenemos que la demanda total pasa a ser de 15.675,35 kWh con lo que se ha conseguido disminuir un 20% del consumo energético.

Tabla 5.1.25. Consumo total de energía (MAE I).

	Energía Total (kWh)	Energía por superficie total del edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energía por superficie total climatizada edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]
<b>TOTAL</b>	15675.35	26.43	48.19

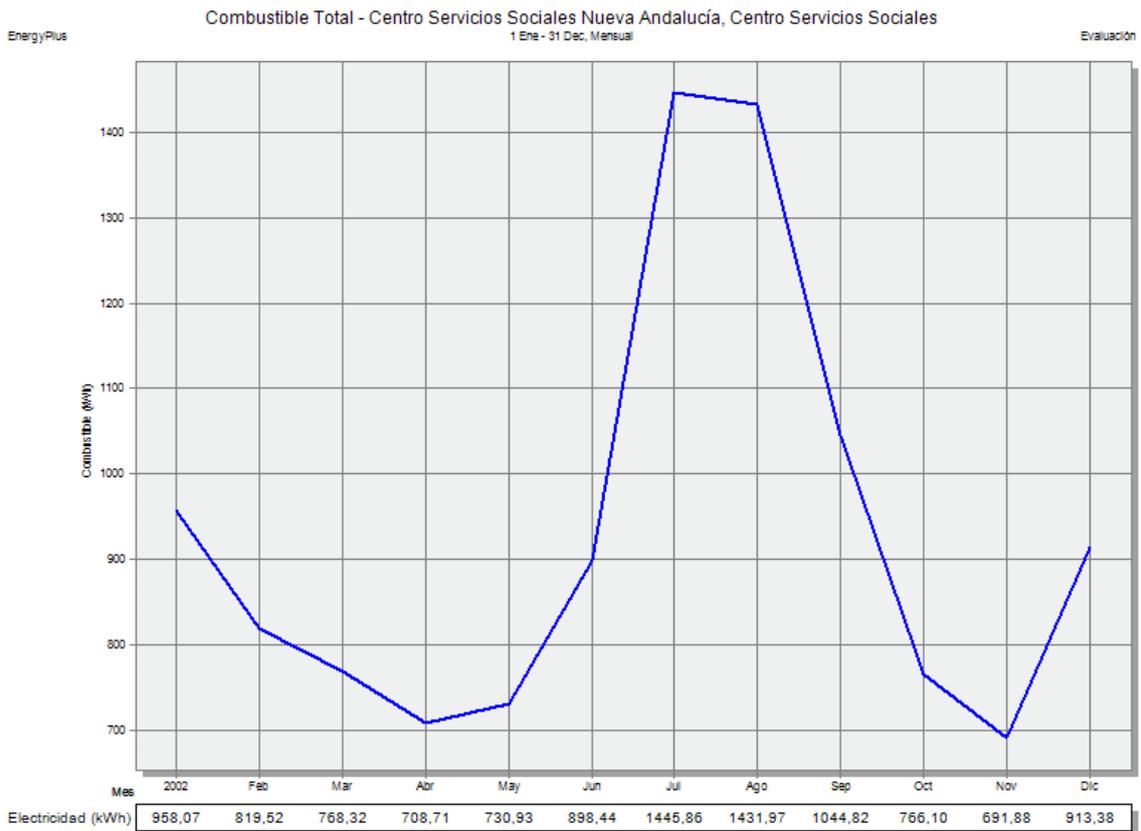


Figura 5.1.23. Distribución de consumo energético anual (MAE I).

### 5.1.13.2.- CONSUMOS POR USOS.

A continuación pasamos a desglosar los distintos consumos según los usos que encontramos en el edificio.

Tabla 5.1.26. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE I).

	Electricidad (kWh)	Refrigeración (kWh)	Calefacción (kWh)
Calefacción	0.00	0.00	5228.78
Refrigeración	0.00	5600.84	0.00
Iluminación interior	3862.86	0.00	0.00
Iluminación exterior	0.00	0.00	0.00
Equipos interiores	982.87	0.00	0.00
Equipos exteriores	0.00	0.00	0.00
Ventiladores	0.00	0.00	0.00
Bombas	0.00	0.00	0.00
Humidificador	0.00	0.00	0.00
Recuperador de calor	0.00	0.00	0.00
Sistemas de agua	0.00	0.00	0.00
Generadores	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>4845.73</b>	<b>5600.84</b>	<b>5228.78</b>

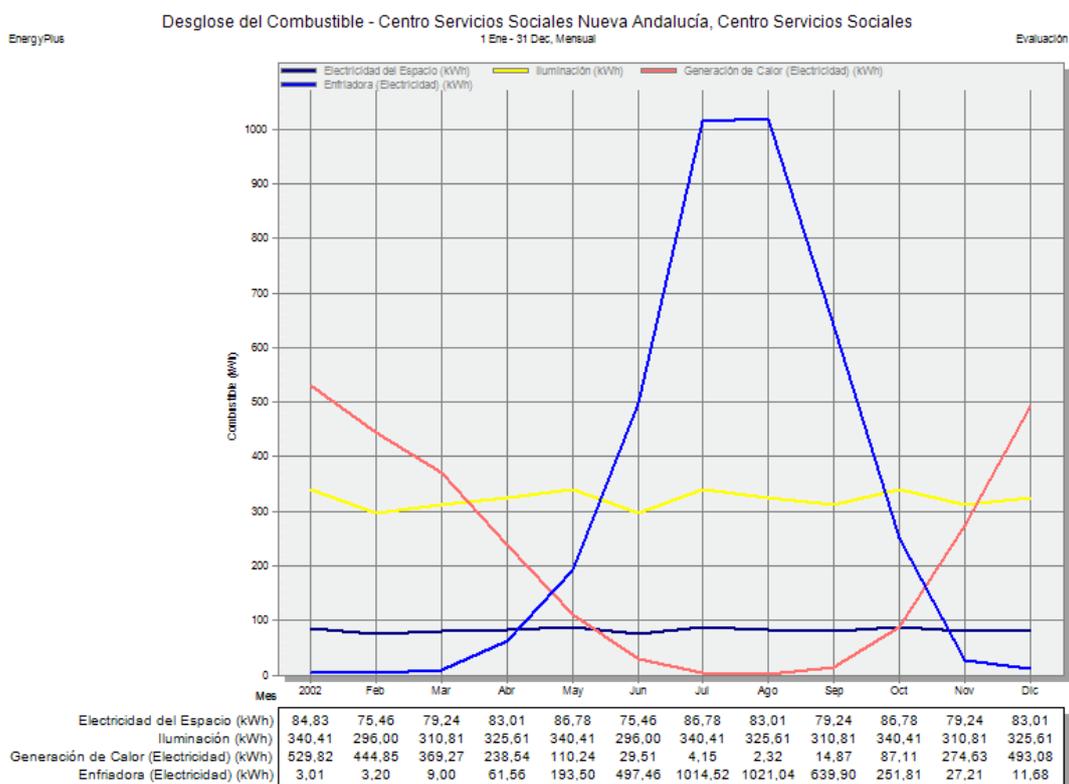


Figura 5.1.24. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE I).

En esta tabla tenemos desglosados los consumos por usos, y podemos ver como en la reducción del 20% de la demanda total energética la reducción principal ha sido la de calefacción disminuyendo ésta en un 34%, teniendo esta medida especial repercusión en los consumos referentes a climatización en el edificio en concreto en lo referente a calefacción. Quedando el nuevo reparto de consumos como sigue: Iluminación interior con 3.862,86 kWh que supone un 24,64%, Equipos ofimáticos con 982,87 kWh que supone un 6,27%, consumo por refrigeración con 5.600,84 kWh que supone un 35,73% y consumo por calefacción con 5.228,78 kWh que supone un 33,36%. En el siguiente diagrama de barras observamos la distribución de consumos en función de los distintos usos.



Figura 5.1.25. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE I).

#### 5.1.13.3.- CONSUMOS POR ÁREA DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla representamos el consumo energético del edificio por metro cuadrado.

Tabla 5.1.27. Intensidad energética (MAE I).

	Intensidad Electricidad (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> )
Iluminación	6.51	0.00	0.00
Climatización	0.00	9.44	8.82
Otros	1.66	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>8.17</b>	<b>9.44</b>	<b>8.82</b>

5.1.13.4.- CONSUMO MENSUAL DE ILUMINACIÓN Y EQUIPOS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado producido por la instalación de iluminación interior así como la del resto de equipos eléctricos.

Tabla 5.1.28. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE I).

	CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO EQUIPOS [kWh]
<b>Enero</b>	340,41	84,83
<b>Febrero</b>	296,00	75,46
<b>Marzo</b>	310,81	79,24
<b>Abril</b>	325,61	83,01
<b>Mayo</b>	340,41	86,78
<b>Junio</b>	296,00	75,46
<b>Julio</b>	340,41	86,78
<b>Agosto</b>	325,61	83,01
<b>Septiembre</b>	310,81	79,24
<b>Octubre</b>	340,41	86,78
<b>Noviembre</b>	310,81	79,24
<b>Diciembre</b>	325,61	83,01
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>3862,86</b>	<b>982,87</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	296,00	75,46
<b>MÁXIMO MES</b>	340,41	86,78

5.1.13.5.- CONSUMOS POR REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado de las instalaciones de refrigeración y calefacción del edificio.

Tabla 5.1.29. Consumo energético mensual de refrigeración y calefacción (MAE I).

	CONSUMO ELÉCTRICO REFRIGERACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO CALEFACCIÓN [kWh]
<b>Enero</b>	4.51	1065.51
<b>Febrero</b>	4.80	894.29
<b>Marzo</b>	13.50	742.32
<b>Abril</b>	92.34	480.06
<b>Mayo</b>	290.25	222.16
<b>Junio</b>	746.19	59.66
<b>Julio</b>	1521.78	8.51
<b>Agosto</b>	1531.56	4.80
<b>Septiembre</b>	959.85	30.48
<b>Octubre</b>	377.71	176.40
<b>Noviembre</b>	40.82	552.72
<b>Diciembre</b>	17.52	991.88
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>5600.84</b>	<b>5228.78</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	4.51	4.80
<b>MÁXIMO MES</b>	1531.56	1065.51

5.1.13.6.- PRODUCCIÓN DE CO<sub>2</sub>.

Se obtiene una producción de kg. de CO<sub>2</sub> generados por las instalaciones expresado mensualmente y acumulado al año en la siguiente tabla.

Tabla 5.1.30. Producción mensual de CO<sub>2</sub> (MAE I).

MES	CONSUMO CO <sub>2</sub> (Kg)
ENERO	656,28
FEBRERO	561,37
MARZO	526,30
ABRIL	485,47
MAYO	500,69
JUNIO	615,43
JULIO	990,41
AGOSTO	980,90
SEPTIEMBRE	715,70
OCTUBRE	524,78
NOVIEMBRE	473,94
DICIEMBRE	625,67
<b>TOTAL</b>	<b>7656,93</b>

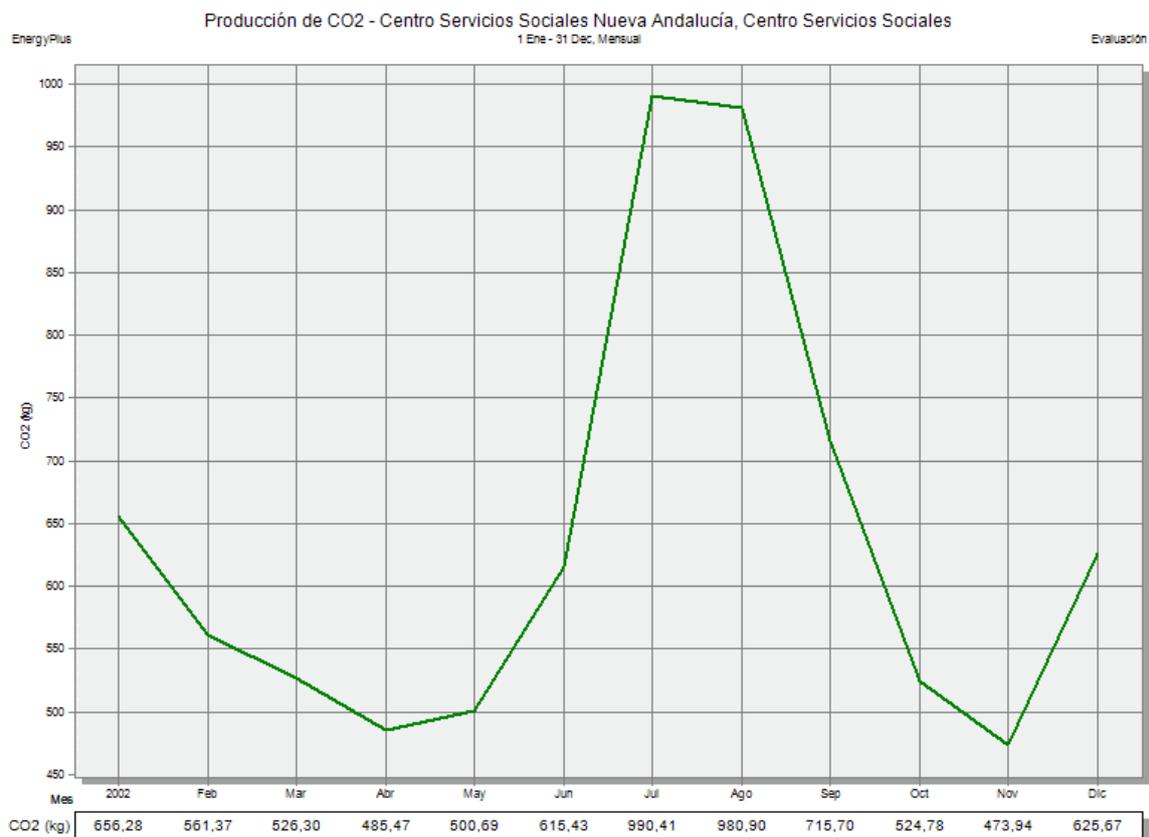


Figura 5.1.26. Distribución de producción de CO<sub>2</sub> anual (MAE I).

5.1.13.7.- RESUMEN DE RESULTADO OBTENIDOS.

En resumen tendremos los siguientes resultados en lo referente a consumo energético expresado en kWh, coste económico consecuencia del consumo energético, e impacto ambiental expresado en kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> en un año natural.

**Consumo energético: 15.675,35 kWh.**

**Coste económico: 2.523,18 € (energía) + 3.761,11 € (potencia) = 6.284,29 €**

**Impacto ambiental: 29,95 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>.**

**5.1.14. MEDIDA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA II.**

Se plantea como mejora de las condiciones una medida que afecte directamente al consumo generado por los equipos de iluminación mediante una sustitución de estos por otros que disminuyan la potencia instalada, de manera que se sustituirán los tubos fluorescentes que hay instalados en la actualidad por otros más eficientes de manera que disminuya la densidad de potencia sin afectar a las condiciones necesarias de iluminación.

Pasamos de tubos fluorescentes convencionales del tipo TLD a otros más eficientes del tipo TL5 que funcionan mediante balasto electrónico resultando la instalación más eficiente disminuyendo el consumo energético y mejorando las condiciones de iluminación ya que éstos disponen de mayor flujo luminoso.

En la siguiente tabla tenemos la distribución de potencia según la nueva densidad de potencia de iluminación.

Tabla 5.1.31. Potencia instalada iluminación interior según mejoras propuestas.

DEPENDENCIA	SUPERFICIE m2	DENSIDAD POTENCIA ILUMINACIÓN W/m2	POTENCIA TOTAL W
<b>PLANTA BAJA</b>			
Sala de usos múltiples 1	86,17	6,8	585,96
Sala de usos múltiples 2	85,53	6,8	581,60
Hall	131,23	9,9	1299,18
Recepción	6,88	6,8	46,78
Despacho 1	6,54	6,8	44,47
Aseo Hombre	12,05	9,9	119,30
Aseo Mujer	12,39	9,9	122,66
<b>PLANTA PRIMERA</b>			
Despacho 10	14,91	6,8	101,39
Despacho 9	14,69	6,8	99,89
Despacho 8	14,72	6,8	100,10
Despacho 7	14,71	6,8	100,03
Despacho 6	13,25	6,8	90,10
Despacho 5	13,67	6,8	92,96
Despacho 4	14,97	6,8	101,80
Despacho 3	13,27	6,8	90,24
Despacho 2	14,71	6,8	100,03
Despacho 1	14,71	6,8	100,03
Almacén	14,62	0,0	0,00
Aseos	11,75	9,9	116,33
Hall	61,85	9,9	612,32
Terraza 1	9,25	0,0	0,00
Terraza 2	8,79	0,0	0,00
Terraza 3	5,76	0,0	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>255,63</b>		<b>4.505,14</b>

#### 5.1.15. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO MEDIANTE e+ SEGÚN MAES II.

##### 5.1.15.1.- CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA.

Realizada la simulación energética del edificio teniendo en cuenta los cambios introducidos para mejorar sus consumos obtenemos que la demanda total pasa a ser

de 15.585,42 kWh con lo que se ha conseguido disminuir un 20% del consumo energético.

Tabla 5.1.32. Consumo total de energía (MAE II).

	Energía Total (kWh)	Energía por superficie total del edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energía por superficie total climatizada edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]
<b>TOTAL</b>	15585.42	26.22	47.79

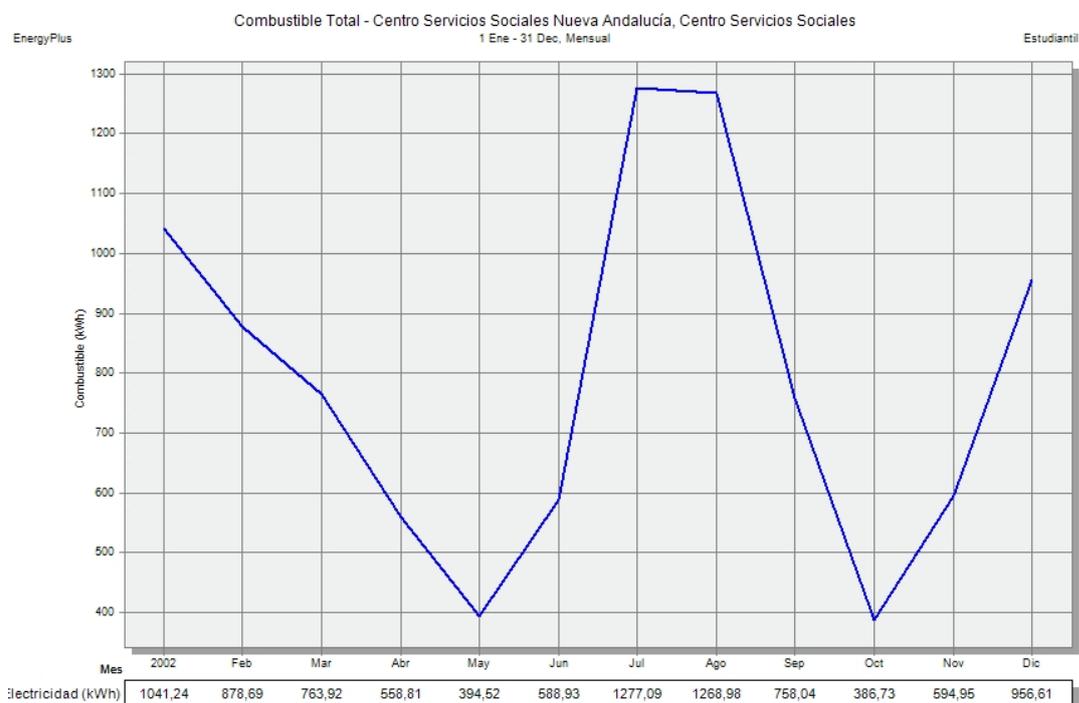


Figura 5.1.27. Distribución de consumo energético anual (MAE II).

#### 5.1.15.2.- CONSUMOS POR USOS.

A continuación pasamos a desglosar los distintos consumos según los usos que encontramos en el edificio.

Tabla 5.1.33. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE II).

	Electricidad (kWh)	Refrigeración (kWh)	Calefacción (kWh)
<b>Calefacción</b>	0.00	0.00	8582.09
<b>Refrigeración</b>	0.00	5285.68	0.00
<b>Iluminación interior</b>	727.20	0.00	0.00
<b>Iluminación exterior</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos interiores</b>	950.86	0.00	0.00
<b>Equipos exteriores</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Ventiladores</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Bombas</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Humidificador</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Recuperador de calor</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Sistemas de agua</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Generadores</b>	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>1678.06</b>	<b>5285.68</b>	<b>8582.09</b>

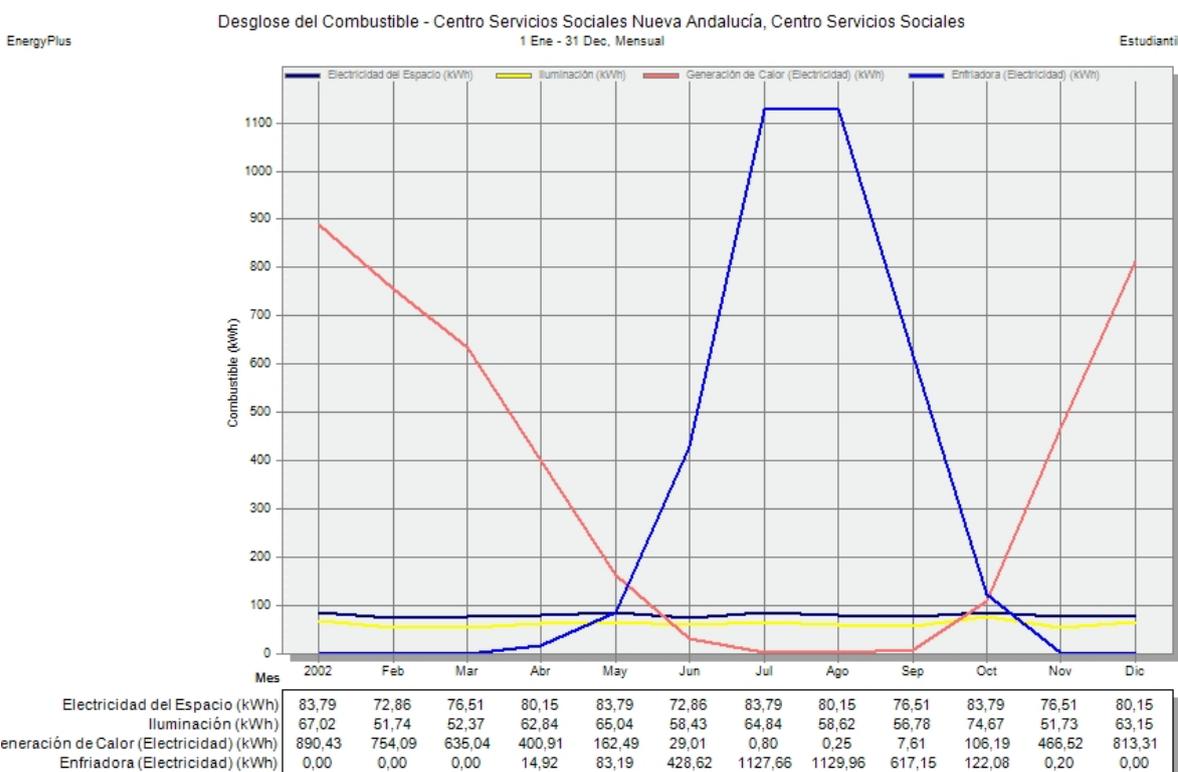


Figura 5.1.28. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE II).

En esta tabla tenemos desglosados los consumos por usos, y podemos ver como en la reducción del 20% de la demanda total energética la reducción principal ha sido la de iluminación disminuyendo ésta en un 85%, resultado esperado ya se actúa directamente sobre la potencia instalada del edificio. Quedando el nuevo reparto de consumos como sigue: Iluminación interior con 727,20 kWh que supone un 4,68%, Equipos ofimáticos con 950,86 kWh que supone un 6,12%, consumo por refrigeración con 5.285,68 kWh que supone un 34,00% y consumo por calefacción con 8.582,09 kWh que supone un 55,21%.

En el diagrama siguiente observamos como el consumo producido por la iluminación cae incluso por debajo del generado por los equipos pasando a ser el menor del edificio, a través de ésta medida se obtienen resultados de manera rápida ya que la implementación se realiza en breve periodo de tiempo.



Figura 5.1.29. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE II).

**5.1.15.3.- CONSUMOS POR ÁREA DEL EDIFICIO.**

En la siguiente tabla representamos el consumo energético del edificio por metro cuadrado.

*Tabla 5.1.34. Intensidad energética (MAE II).*

	<b>Intensidad Electricidad (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Intensidad Refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Intensidad Calefacción (kWh/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Iluminación</b>	1.23	0.00	0.00
<b>Climatización</b>	0.00	8.91	14.47
<b>Otros</b>	1.60	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	2.83	8.91	14.47

**5.1.15.4.- CONSUMO MENSUAL DE ILUMINACIÓN Y EQUIPOS.**

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado producido por la instalación de iluminación interior así como la del resto de equipos eléctricos.

Tabla 5.1.35. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE II).

	CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO EQUIPOS [kWh]
Enero	67,02	83,79
Febrero	51,74	72,86
Marzo	52,37	76,51
Abril	62,84	80,15
Mayo	65,04	83,79
Junio	58,43	72,86
Julio	64,84	83,79
Agosto	58,62	80,15
Septiembre	56,78	76,51
Octubre	74,67	83,79
Noviembre	51,73	76,51
Diciembre	63,15	80,15
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>727,20</b>	<b>950,86</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	51,73	72,86
<b>MÁXIMO MES</b>	74,67	83,79

#### 5.1.15.5.- CONSUMO MENSUAL DE REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado de las instalaciones de refrigeración y calefacción del edificio.

Tabla 5.1.36. Consumo energético mensual de refrigeración y calefacción (MAE II).

	CONSUMO ELÉCTRICO REFRIGERACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO CALEFACCIÓN [kWh]
<b>Enero</b>	0,00	1790,09
<b>Febrero</b>	0,00	1515,54
<b>Marzo</b>	0,00	1276,47
<b>Abril</b>	22,37	806,61
<b>Mayo</b>	124,79	327,50
<b>Junio</b>	642,93	58,68
<b>Julio</b>	1691,48	1,66
<b>Agosto</b>	1694,95	0,52
<b>Septiembre</b>	925,73	15,86
<b>Octubre</b>	183,12	215,24
<b>Noviembre</b>	0,30	938,66
<b>Diciembre</b>	0,00	1635,26
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>5285,68</b>	<b>8582,09</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	0,00	0,52
<b>MÁXIMO MES</b>	1694,95	1790,09

5.1.15.6.- PRODUCCIÓN DE CO<sub>2</sub>.

Se obtiene una producción de kg. de CO<sub>2</sub> generados por las instalaciones expresado mensualmente y acumulado al año en la siguiente tabla.

Tabla 5.1.37. Producción mensual de CO<sub>2</sub> (MAE II).

MES	CONSUMO CO <sub>2</sub> (Kg)
ENERO	713,25
FEBRERO	601,90
MARZO	523,28
ABRIL	382,79
MAYO	270,24
JUNIO	403,42
JULIO	874,81
AGOSTO	869,25
SEPTIEMBRE	519,26
OCTUBRE	264,91
NOVIEMBRE	407,54
DICIEMBRE	655,28
<b>TOTAL</b>	<b>6.485,93</b>

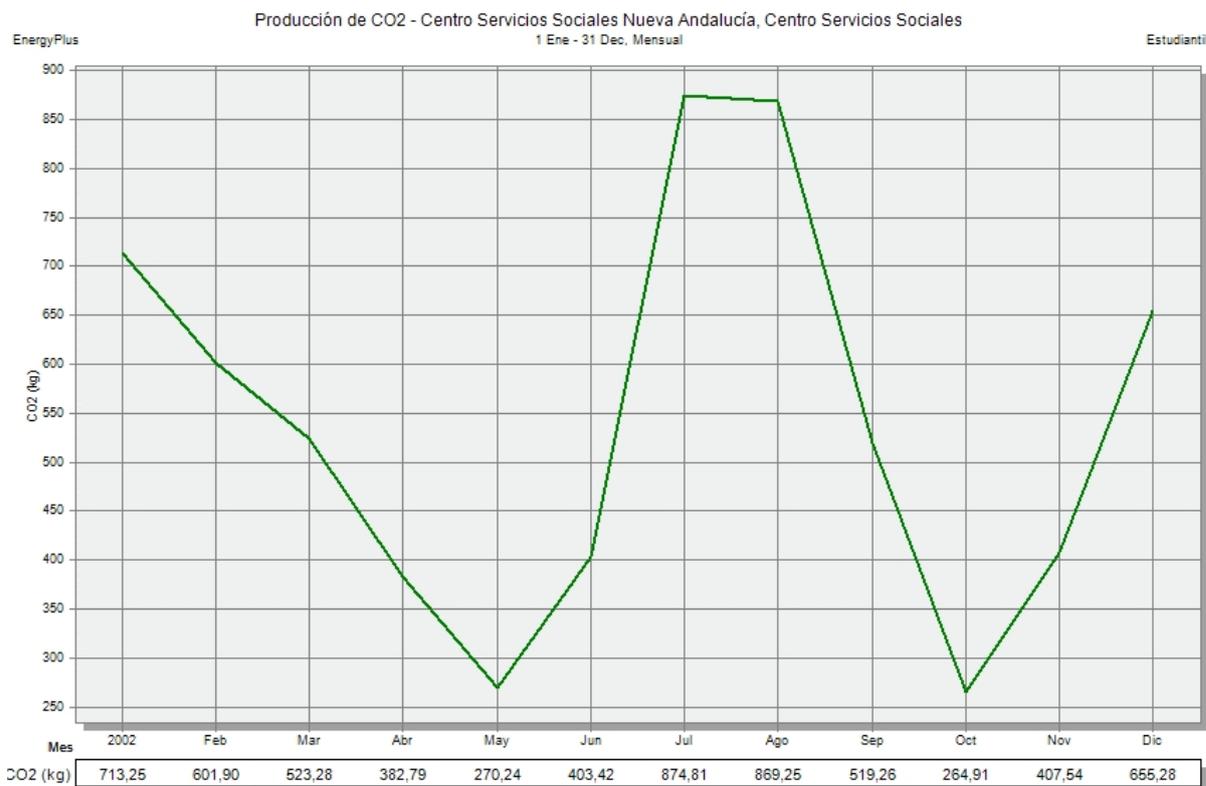


Figura 5.1.30. Distribución de producción de CO<sub>2</sub> anual (MAE II).

#### 5.1.15.7.- RESUMEN DE RESULTADO OBTENIDOS.

En resumen tendremos los siguientes resultados en lo referente a consumo energético expresado en kWh, coste económico consecuencia del consumo energético, e impacto ambiental expresado en kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> en un año natural.

**Consumo energético: 15.585,42 kWh.**

**Coste económico: 2.508,70 € (energía) + 3.761,11 (potencia) = 6.269,81 €**

**Impacto ambiental: 25,37 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>.**

#### 5.1.16. MEDIDA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA III.

Estudiando la instalación de climatización actual del edificio comprobamos que los niveles de bienestar e higiene consecuencia de la calidad del aire no se han tenido en cuenta en absoluto a la hora del diseño e instalación de las instalaciones térmicas, por lo que vemos necesario aplicar una mejora en las condiciones de habitabilidad aunque a priori energéticamente no obtengamos un balance positivo, ya que partimos de una instalación formada por equipos de tipo partido en la cual no se ha montado ningún tipo de instalación de ventilación que garantice una correcta renovación del aire de las dependencias climatizadas.

Por ello para dotar de un sistema que garantice la calidad del aire interior será necesario seguir las indicaciones fijadas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios versión consolidada, que recoge la versión actualizada del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, el cual en su Artículo 11. Bienestar e higiene, indica que las instalaciones térmicas permitirán mantener una calidad del aire interior aceptable, en los locales ocupados por las personas, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los mismos, aportando un caudal suficiente de aire exterior y garantizando la extracción y expulsión del aire viciado.

Así en su Instrucción Técnica IT.1 Diseño y Dimensionamiento, en concreto en su apartado IT 1.1.4.2. Exigencia de calidad interior se indica en función del uso de los edificios la categoría del aire interior, siendo en nuestro caso para el uso oficinas IDA 2

(aire de buena calidad), obteniendo a través de la tabla 1.4.2.1. Caudales de aire exterior el caudal mínimo del aire exterior de ventilación, obteniendo en nuestro caso la necesidad de 12,5 dm<sup>3</sup>/s por persona.

Una vez conocidas las necesidades será necesario instalar un sistema de ventilación que nos proporcione la cantidad de aire exterior dimensionada, éste aire deberá ser debidamente tratado mediante un filtrado previo así como térmicamente para conservar las condiciones de climatización. Esto generará un incremento de consumos energéticos por una parte en menor medida el consumo propio de los equipos de ventilación y por otra bastante más importante la necesidad de darle al aire que introducimos directamente de la calle el salto térmico necesario para mantener las condiciones del edificio.

Por otra parte para contrarrestar el aumento de consumo energético consecuencia de la implantación del sistema de ventilación hemos cambiado los equipos de climatización actuales por otros con un COP mayor, en concreto marca DAIKIN modelo FTX25-JV con un valor de 3,5 según catálogo, no habiendo desarrollado los resultados obtenidos con esta modificación por no producirse prácticamente mejora en los consumos energéticos.

**5.1.17. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO MEDIANTE e+ SEGÚN MAE III.**

**5.1.17.1.- CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA.**

Realizada la simulación energética del edificio teniendo en cuenta los cambios introducidos obtenemos que la demanda total pasa a ser de 22.769,56 kWh con lo que se genera un aumento del consumo energético en un 16%.

*Tabla 5.1.38. Consumo total de energía (MAE III).*

	<b>Energía Total (kWh)</b>	<b>Energía por superficie total del edificio [kWh/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Energía por superficie total climatizada edificio [kWh/m<sup>2</sup>]</b>
<b>TOTAL</b>	22.769,56	38,40	70,00

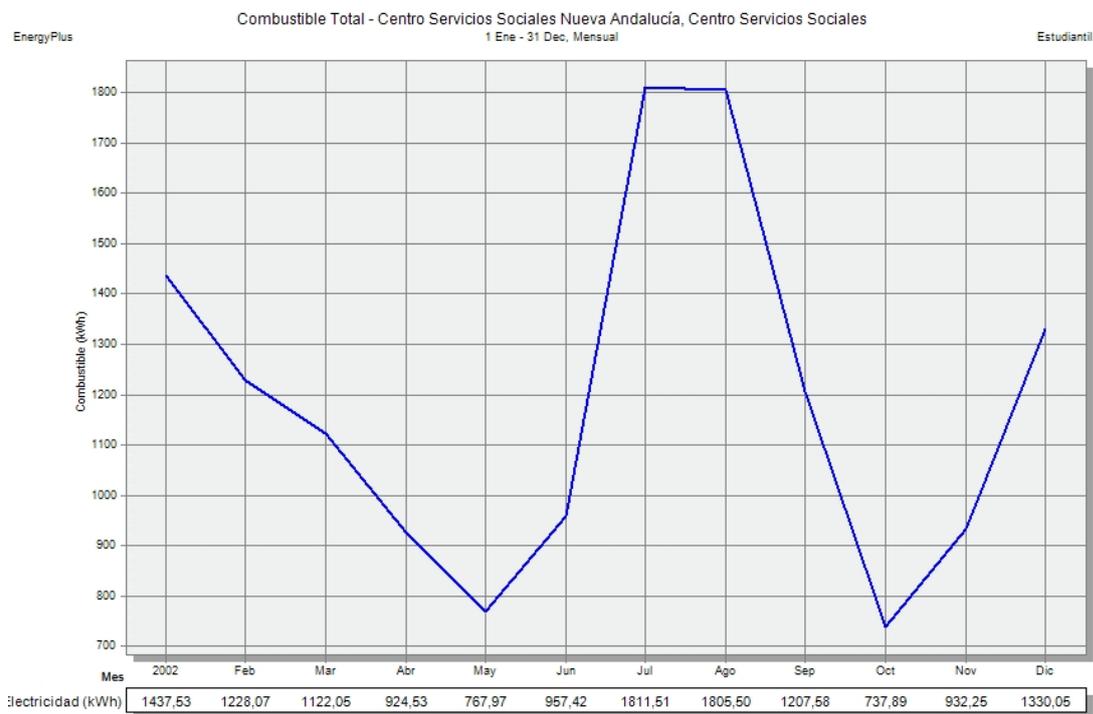


Figura 5.1.31. Distribución de consumo energético anual (MAE III).

#### 5.1.17.2.- CONSUMOS POR USOS.

A continuación pasamos a desglosar los distintos consumos según los usos que encontramos en el edificio.

Tabla 5.1.39. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE III).

	Electricidad (kWh)	Refrigeración (kWh)	Calefacción (kWh)
<b>Calefacción</b>	0.00	0.00	9891.35
<b>Refrigeración</b>	0.00	6764.94	0.00
<b>Iluminación interior</b>	4914.33	0.00	0.00
<b>Iluminación exterior</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos interiores</b>	950.86	0.00	0.00
<b>Equipos exteriores</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Ventiladores</b>	248.07	0.00	0.00
<b>Bombas</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Humidificador</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Recuperador de calor</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Sistemas de agua</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Generadores</b>	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>6113.26</b>	<b>6764.94</b>	<b>9891.35</b>

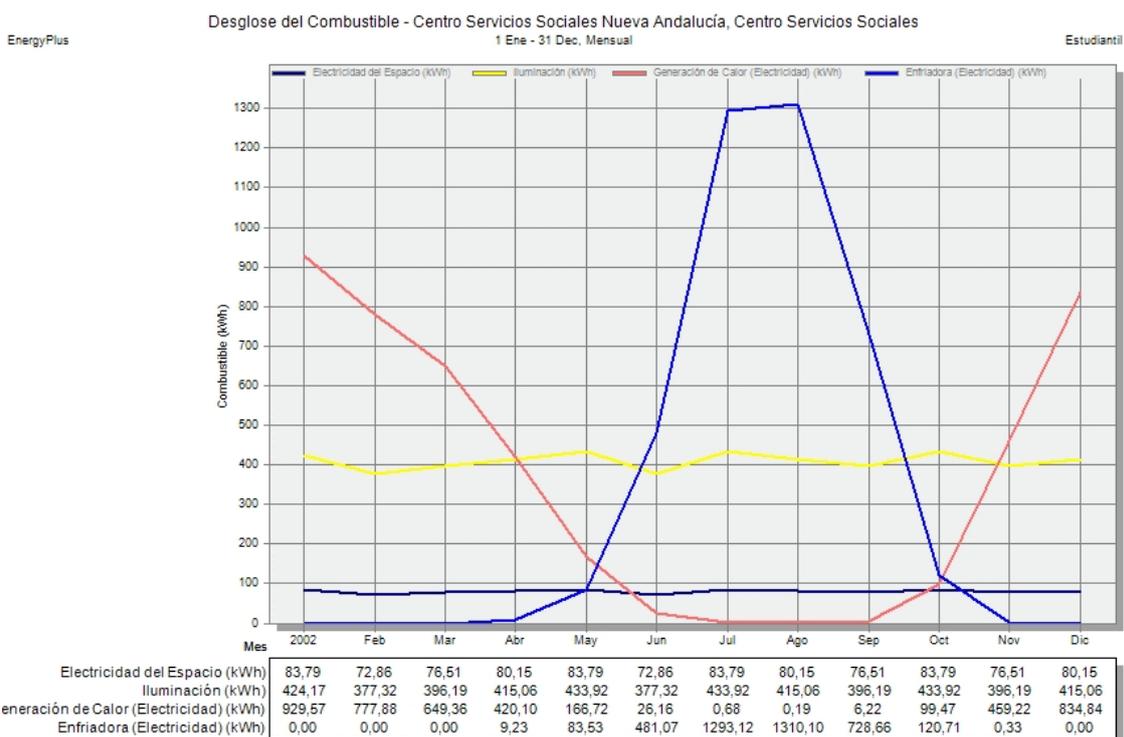


Figura 5.1.32. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE III).

En esta tabla tenemos desglosados los consumos por usos, y podemos ver como se produce un aumento del 16% de la demanda total energética en el edificio éste aumento es debido principalmente al aumento de necesidades en calefacción y refrigeración consecuencia de las renovaciones de aire, así tenemos que la calefacción aumenta un 24% mientras que la refrigeración lo hace un 16%. Quedando el nuevo reparto de consumos como sigue: Iluminación interior con 4.914,33 kWh que supone un 21,58%, Equipos con 1.198,93 kWh que supone un 5,27%, consumo por refrigeración con 6.764,94 kWh que supone un 29,71% y consumo por calefacción con 9.891,35 kWh que supone un 43,44%.



Figura 5.1.33. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE III).

### 5.1.17.3.- CONSUMOS POR ÁREA DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla representamos el consumo energético del edificio por metro cuadrado.

Tabla 5.1.40. Intensidad energética (MAE III).

	Intensidad Electricidad (kWh/m2)	Intensidad Refrigeración (kWh/m2)	Intensidad Calefacción (kWh/m2)
Iluminación	8.29	0.00	0.00
Climatización	0.42	11.41	16.68
Otros	1.60	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>10.31</b>	<b>11.41</b>	<b>16.68</b>

5.1.17.4.- CONSUMO MENSUAL DE ILUMINACIÓN Y EQUIPOS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado producido por la instalación de iluminación interior así como la del resto de equipos eléctricos.

Tabla 5.1.41. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE III).

	CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO EQUIPOS [kWh]
<b>Enero</b>	424,17	83,79
<b>Febrero</b>	377,32	72,86
<b>Marzo</b>	396,19	76,51
<b>Abril</b>	415,06	80,15
<b>Mayo</b>	433,92	83,79
<b>Junio</b>	377,32	72,86
<b>Julio</b>	433,92	83,79
<b>Agosto</b>	415,06	80,15
<b>Septiembre</b>	396,19	76,51
<b>Octubre</b>	433,92	83,79
<b>Noviembre</b>	396,19	76,51
<b>Diciembre</b>	415,06	80,15
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>4914,33</b>	<b>950,86</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	377,32	72,86
<b>MÁXIMO MES</b>	433,92	83,79

5.1.17.5.- CONSUMO MENSUAL DE REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado de las instalaciones de refrigeración y calefacción del edificio.

Tabla 5.1.42. Consumo energético mensual de refrigeración y calefacción (MAE III).

	CONSUMO ELÉCTRICO REFRIGERACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO CALEFACCIÓN [kWh]
<b>Enero</b>	0,00	2102,68
<b>Febrero</b>	0,00	1759,16
<b>Marzo</b>	0,00	1468,61
<b>Abril</b>	15,50	950,92
<b>Mayo</b>	140,33	378,07
<b>Junio</b>	808,20	59,55
<b>Julio</b>	2172,44	1,58
<b>Agosto</b>	2200,97	0,45
<b>Septiembre</b>	1224,14	14,65
<b>Octubre</b>	202,79	227,09
<b>Noviembre</b>	0,56	1039,96
<b>Diciembre</b>	0,00	1888,63
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>6764,94</b>	<b>9891,35</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	0,00	0,45
<b>MÁXIMO MES</b>	2200,97	2102,68

5.1.17.6.- PRODUCCIÓN DE CO<sub>2</sub>.

Se obtiene una producción de kg. de CO<sub>2</sub> generados por las instalaciones expresado mensualmente y acumulado al año en la siguiente tabla.

Tabla 5.1.43. Producción mensual de CO<sub>2</sub> (MAE III).

MES	CONSUMO CO <sub>2</sub> (Kg)
ENERO	984,71
FEBRERO	841,23
MARZO	768,61
ABRIL	633,30
MAYO	526,06
JUNIO	655,83
JULIO	1.240,89
AGOSTO	1.236,77
SEPTIEMBRE	827,19
OCTUBRE	505,46
NOVIEMBRE	638,59
DICIEMBRE	911,08
<b>TOTAL</b>	<b>9.769,72</b>

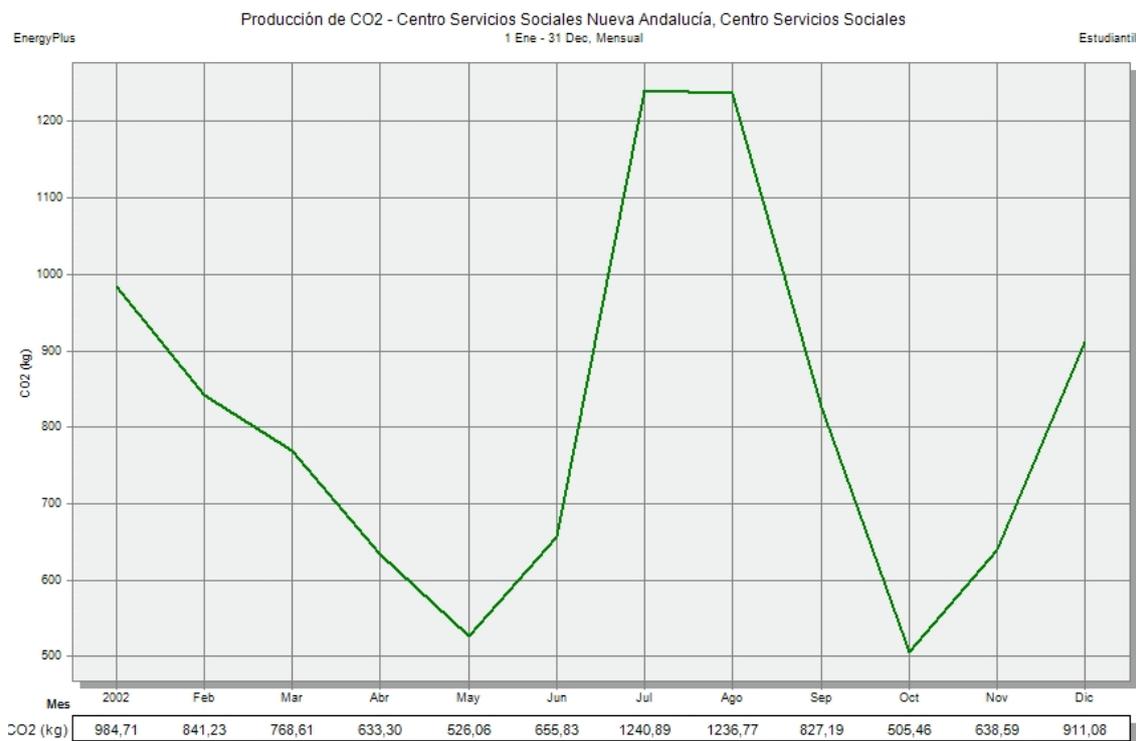


Figura 5.1.34. Distribución de producción de CO<sub>2</sub> anual (MAE III).

#### 5.1.17.7.- RESUMEN DE RESULTADO OBTENIDOS.

En resumen tendremos los siguientes resultados en lo referente a consumo energético expresado en kWh, coste económico consecuencia del consumo energético, e impacto ambiental expresado en kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> en un año natural.

**Consumo energético: 22.769,56 kWh.**

**Coste económico: 3.665,10 € (energía) + 3.761,11 (potencia) = 7.426,21 €**

**Impacto ambiental: 38,21 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>.**

#### 5.1.18. DISTRIBUCIÓN DE MEJORAS APLICADAS.

Una vez realizada la simulación energética del edificio según se encuentra en su estado actual habiendo obtenido unos valores de consumo energético muy similares a los reales, le hemos aplicado una serie de actuaciones tendentes a mejorar su consumo energético sin menoscabar la habitabilidad del edificio así como su bienestar, para ello le hemos aplicado una serie de medidas en los principales puntos débiles del edificio, siendo estos por una parte la envolvente térmica a la cual le hemos aumentado los espesores de aislamiento tanto en fachadas como en cubierta, por otra parte una vez estudiada la iluminación interior se observa que cuenta con equipos antiguos así como con escasez de mantenimiento por lo que se plantea una renovación de lámparas por otras más eficientes. Por último observamos que el sistema de climatización instalado en el edificio no cuenta con renovación de aire alguna por lo que se hace imprescindible para garantizar la calidad ambiental interior proporcionar a las dependencias habitadas la renovación de aire mínima requerida por la reglamentación actual, consecuencia de esto es un aumento en los consumos energéticos de climatización, habiendo sacrificado en éste caso la eficiencia energética por la necesaria calidad ambiental interior.

Obtenidos los resultados de las simulaciones energéticas del edificio en todas estas situaciones procedemos a realizar un estudio de las consecuencias de éstas así como cual sería el resultado en el caso de agrupar las mejoras indicadas para conseguir

el edificio más eficiente energéticamente y el edificio con calidad ambiental y mayor eficiencia energética.

**5.1.19. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO MEDIANTE e+ SEGÚN MAE I + MAE II.**

Así en primer caso sobre el edificio modelo le aplicaremos las medidas de ahorro y eficiencia energética que afectan directamente a la envolvente térmica y la iluminación interior (MAE I + MAE II) obteniendo los siguientes resultados:

**5.1.19.1.- CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA.**

Realizada la simulación energética del edificio teniendo en cuenta los cambios introducidos para mejorar sus consumos obtenemos que la demanda total pasa a ser de 12.468,94 kWh con lo que se ha conseguido disminuir un 36,5% del consumo energético.

*Tabla 5.1.44. Consumo total de energía (MAE I + MAE II).*

	<b>Energía Total (kWh)</b>	<b>Energía por superficie total del edificio [kWh/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Energía por superficie total climatizada edificio [kWh/m<sup>2</sup>]</b>
<b>TOTAL</b>	12.468,94	21,03	38,30

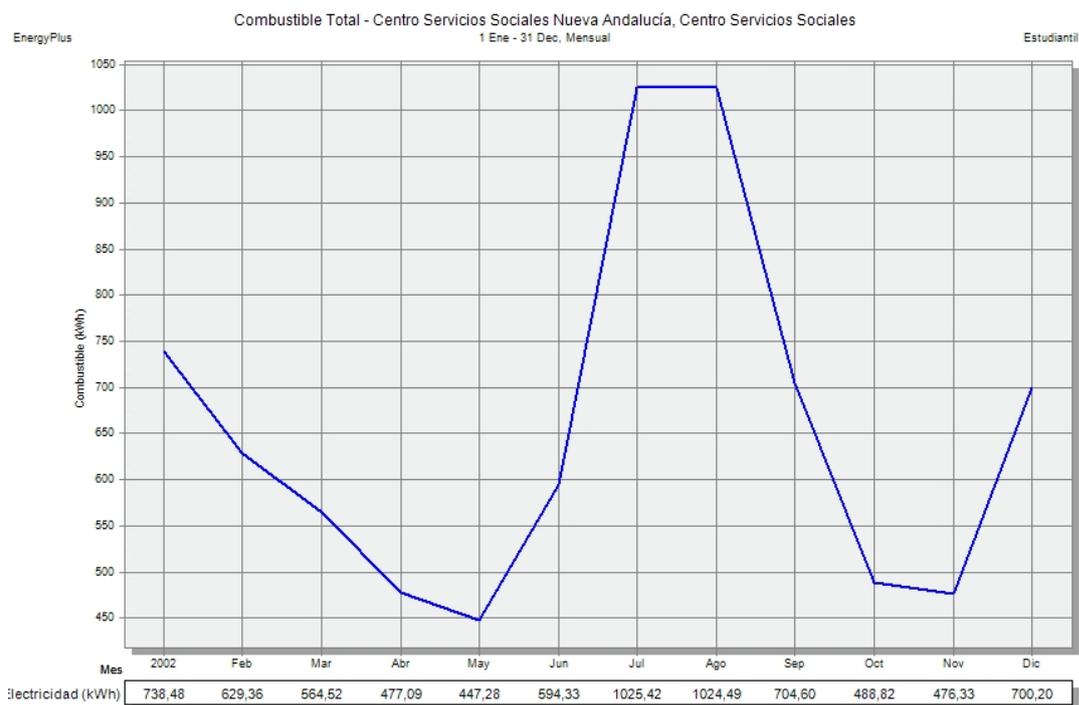


Figura 5.1.35. Distribución de consumo energético anual (MAE I+ MAE II).

#### 5.1.19.2.- CONSUMOS POR USOS.

A continuación pasamos a desglosar los distintos consumos según los usos que encontramos en el edificio.

Tabla 5.1.45. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II).

	Electricidad (kWh)	Refrigeración (kWh)	Calefacción (kWh)
<b>Calefacción</b>	0.00	0.00	6020.83
<b>Refrigeración</b>	0.00	4711.78	0.00
<b>Iluminación interior</b>	753.45	0.00	0.00
<b>Iluminación exterior</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos interiores</b>	982.87	0.00	0.00
<b>Equipos exteriores</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Ventiladores</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Bombas</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Humidificador</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Recuperador de calor</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Sistemas de agua</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Generadores</b>	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>1736.32</b>	<b>4711.78</b>	<b>6020.83</b>

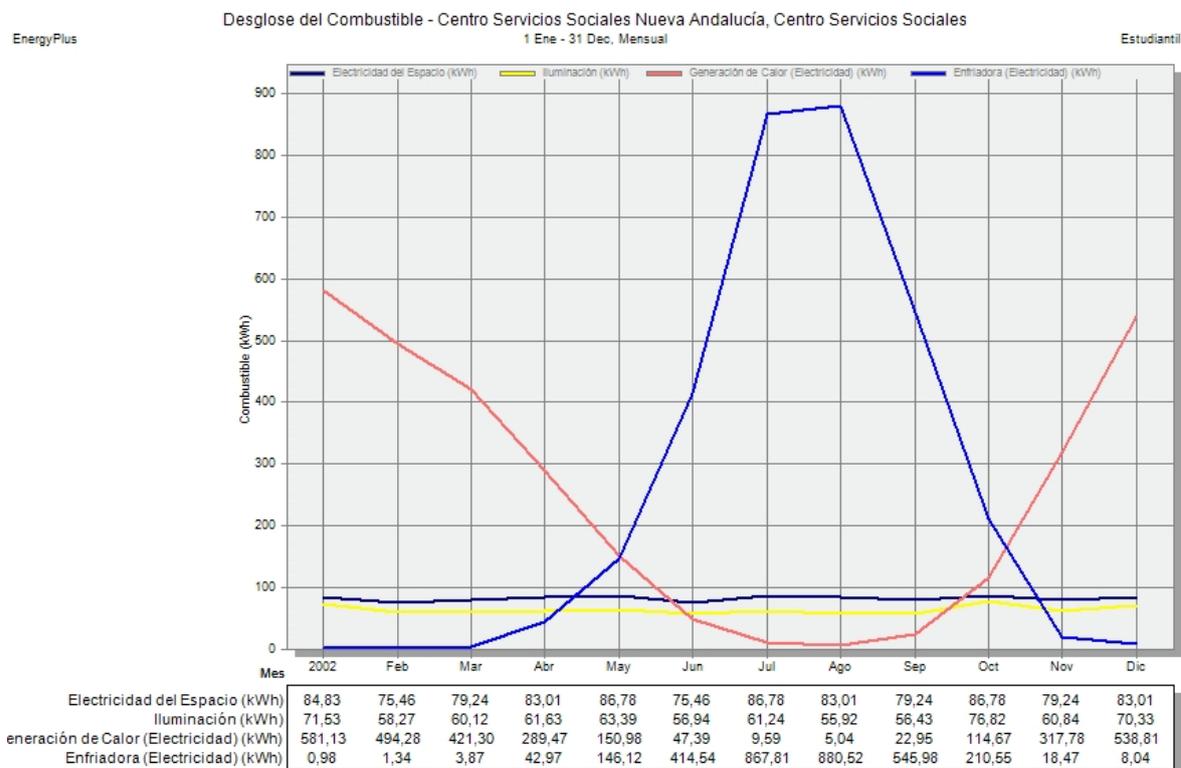


Figura 5.1.36. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE I + MAE II).

En esta tabla tenemos desglosados los consumos por usos, y podemos ver como en la reducción del 36,5% de la demanda total energética, la reducción principal ha sido la de iluminación, resultado esperado ya se actúa directamente sobre la potencia instalada del edificio, también se produce un ahorro significativo en la demanda térmica influyendo directamente en el consumo de calefacción. Quedando el nuevo reparto de consumos como sigue: Iluminación interior con 753,45 kWh que supone un 6,04%, Equipos ofimáticos con 982,87 kWh que supone un 7,88%, consumo por refrigeración con 4.711,78 kWh que supone un 37,79% y consumo por calefacción con 6.020,83 kWh que supone un 48,29%.

En el diagrama siguiente observamos como los consumo producidos por la iluminación y calefacción disminuyen bastante en relación con los del resto del edificio.



Figura 5.1.37. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II).

5.1.19.3.- CONSUMOS POR TOTAL DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla representamos el consumo energético del edificio por metro cuadrado.

*Tabla 5.1.46. Intensidad energética (MAE I + MAE II).*

	<b>Intensidad Electricidad (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Intensidad Refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Intensidad Calefacción (kWh/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Iluminación</b>	1.27	0.00	0.00
<b>Climatización</b>	0.00	7.95	10.15
<b>Otros</b>	1.66	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	2.93	7.95	10.15

5.1.19.4.- CONSUMO MENSUAL DE ILUMINACIÓN Y EQUIPOS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado producido por la instalación de iluminación interior así como la del resto de equipos eléctricos.

Tabla 5.1.47. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE I + MAE II).

	CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO EQUIPOS [kWh]
<b>Enero</b>	71,53	84,83
<b>Febrero</b>	58,27	75,46
<b>Marzo</b>	60,12	79,24
<b>Abril</b>	61,63	83,01
<b>Mayo</b>	63,39	86,78
<b>Junio</b>	56,94	75,46
<b>Julio</b>	61,24	86,78
<b>Agosto</b>	55,92	83,01
<b>Septiembre</b>	56,43	79,24
<b>Octubre</b>	76,82	86,78
<b>Noviembre</b>	60,84	79,24
<b>Diciembre</b>	70,33	83,01
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>753,45</b>	<b>982,87</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	55,92	75,46
<b>MÁXIMO MES</b>	76,82	86,78

#### 5.1.19.5.- CONSUMO MENSUAL DE REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado de las instalaciones de refrigeración y calefacción del edificio.

Tabla 5.1.48. Consumo energético mensual de refrigeración y calefacción (MAE I + MAE II).

	CONSUMO ELÉCTRICO REFRIGERACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO CALEFACCIÓN [kWh]
Enero	1,48	1168,32
Febrero	2,01	993,34
Marzo	5,80	846,63
Abril	64,46	582,15
Mayo	219,18	303,81
Junio	621,81	95,59
Julio	1301,71	19,51
Agosto	1320,78	10,34
Septiembre	818,97	46,81
Octubre	315,82	231,66
Noviembre	27,71	639,20
Diciembre	12,07	1083,47
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>4711,78</b>	<b>6020,83</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	1,48	10,34
<b>MÁXIMO MES</b>	1320,78	1168,32

5.1.19.6.- PRODUCCIÓN DE CO<sub>2</sub>.

Se obtiene una producción de kg. de CO<sub>2</sub> generados por las instalaciones expresado mensualmente y acumulado al año en la siguiente tabla.

Tabla 5.1.49. Producción mensual de CO<sub>2</sub> (MAE I + MAE II).

MES	CONSUMO CO <sub>2</sub> (Kg)
ENERO	505,86
FEBRERO	431,11
MARZO	386,70
ABRIL	326,80
MAYO	306,39
JUNIO	407,12
JULIO	702,41
AGOSTO	701,78
SEPTIEMBRE	482,65
OCTUBRE	334,84
NOVIEMBRE	326,29
DICIEMBRE	479,64
<b>TOTAL</b>	<b>5.391,59</b>

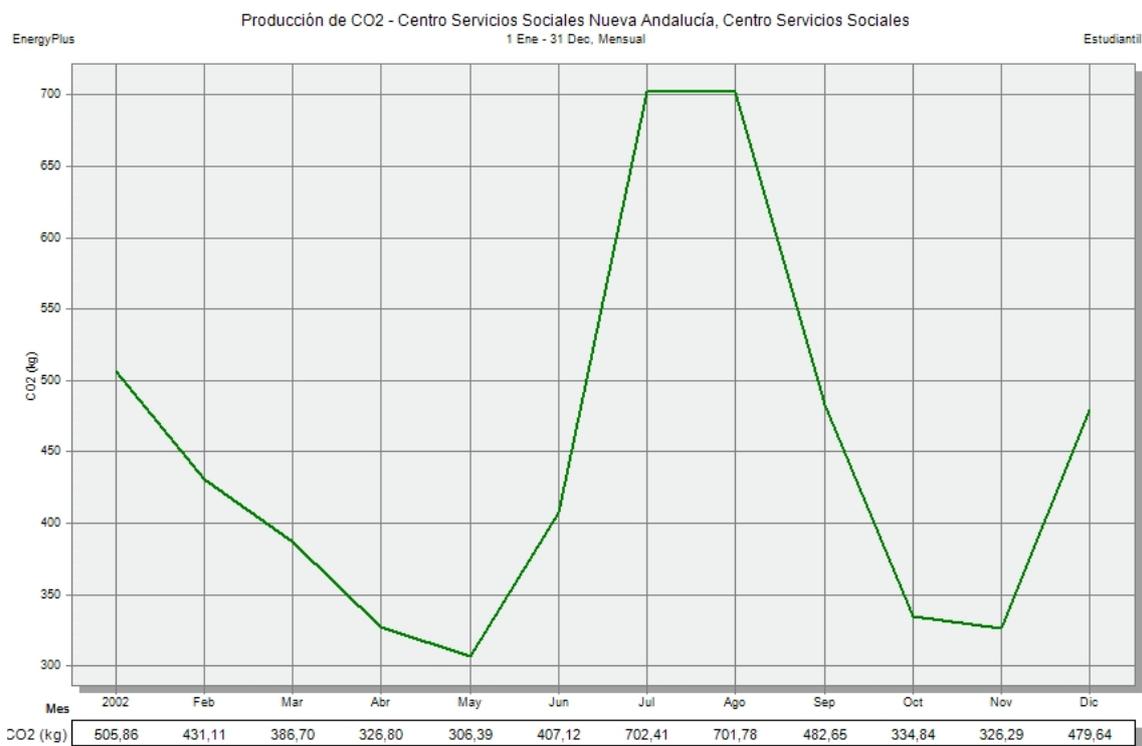


Figura 5.1.38. Distribución de producción de CO<sub>2</sub> anual (MAE I + MAE II).

5.1.19.7.- RESUMEN DE RESULTADO OBTENIDOS.

En resumen tendremos los siguientes resultados en lo referente a consumo energético expresado en kWh, coste económico consecuencia del consumo energético, e impacto ambiental expresado en kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> en un año natural.

**Consumo energético: 12.468,94 kWh.**

**Coste económico: 2.007,06 € (energía) + 3.761,11 (potencia) = 5.768,17 €.**

**Impacto ambiental: 21,09 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>.**

**5.1.20. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO MEDIANTE e+ SEGÚN MAE I + MAE II + MAE III.**

Pasamos ahora a aplicar al mismo tiempo todas las mejoras propuestas al edificio para ver como quedarían los consumos energéticos, obteniendo los resultados que siguen.

5.1.20.1.- CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA.

Realizada la simulación energética del edificio teniendo en cuenta los cambios introducidos para mejorar sus consumos obtenemos que la demanda total pasa a ser de 18.925,29 kWh con lo que se ha conseguido disminuir un 3,5% del consumo energético.

*Tabla 5.1.50. Consumo total de energía (MAE I + MAE II + MAE III).*

	<b>Energía Total (kWh)</b>	<b>Energía por superficie total del edificio [kWh/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Energía por superficie total climatizada edificio [kWh/m<sup>2</sup>]</b>
<b>TOTAL</b>	18.925,29	31,91	58,18

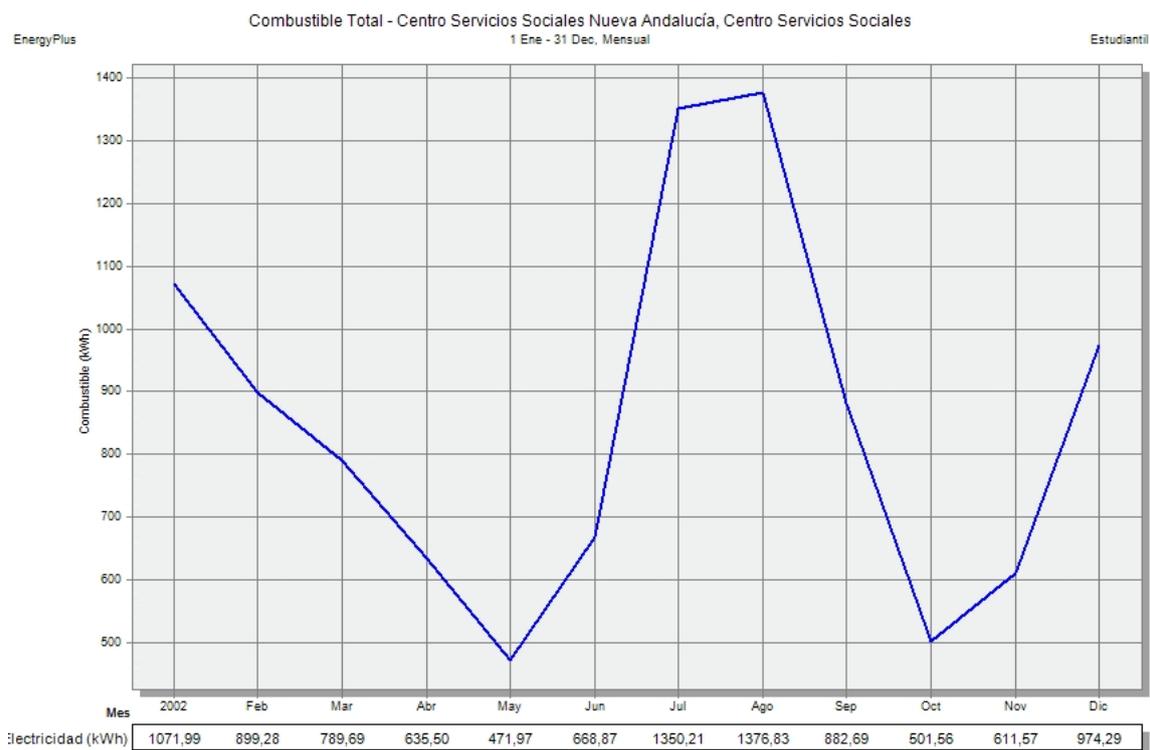


Figura 5.1.39. Distribución de consumo energético anual (MAE I + MAE II + MAE III).

#### 5.1.20.2.- CONSUMOS POR USOS.

A continuación pasamos a desglosar los distintos consumos según los usos que encontramos en el edificio.

Tabla 5.1.51. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II + MAE III).

	Electricidad (kWh)	Refrigeración (kWh)	Calefacción (kWh)
<b>Calefacción</b>	0.00	0.00	9963.01
<b>Refrigeración</b>	0.00	6430.65	0.00
<b>Iluminación interior</b>	1020.15	0.00	0.00
<b>Iluminación</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos interiores</b>	982.87	0.00	0.00
<b>Equipos exteriores</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Ventiladores</b>	528.62	0.00	0.00
<b>Bombas</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Humidificador</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Recuperador de</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Sistemas de agua</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Generadores</b>	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>2531.64</b>	<b>6430.65</b>	<b>9963.01</b>

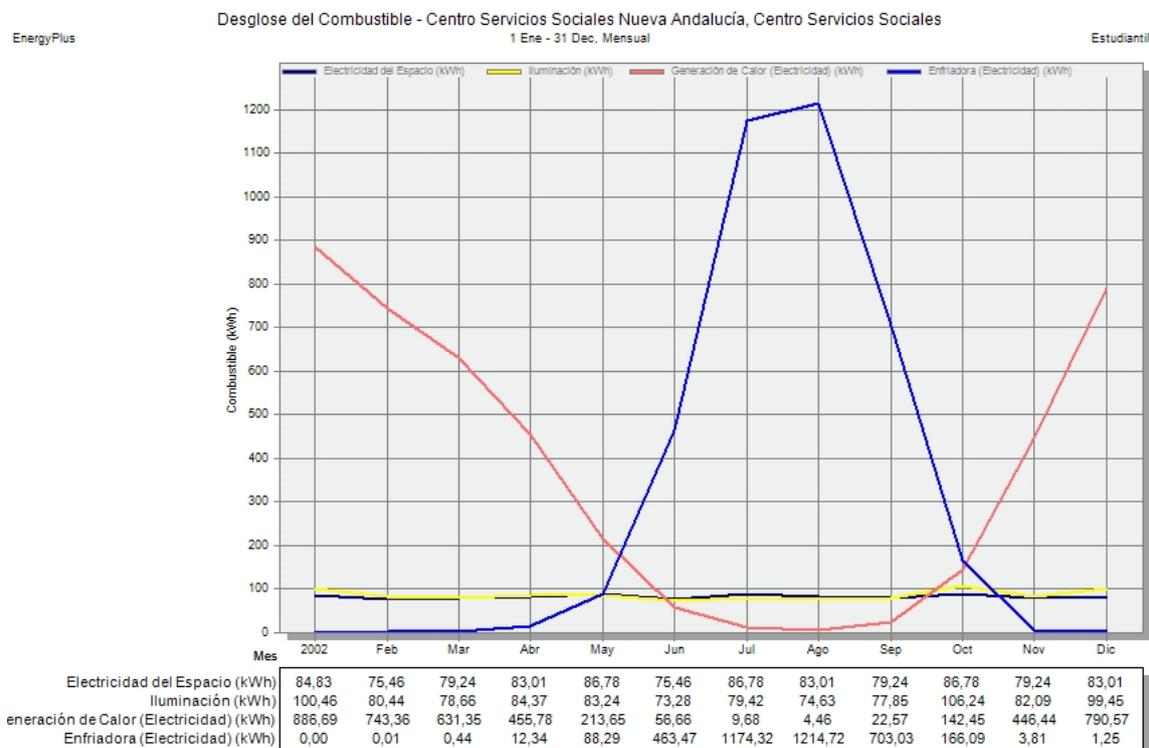


Figura 5.1.40. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE I + MAE II + MAE III).

En esta tabla tenemos desglosados los consumos por usos, y podemos ver como se produce un aumento de la demanda total energética, el aumento principal se produce en la climatización del edificio resultado esperado ya se introduce gran cantidad del exterior que hay que tratar térmicamente. Quedando el nuevo reparto de consumos como sigue: Iluminación interior con 1.020,15 kWh que supone un 5,39%, Equipos con 1.511,49 kWh que supone un 7,99%, consumo por refrigeración con 6.430,65 kWh que supone un 33,98% y consumo por calefacción con 9.963,01 kWh que supone un 52,64%.

En el diagrama siguiente observamos como el consumo producido por la calefacción sufre un gran aumento siendo el mayor de todos los planteados hasta el momento.



Figura 5.1.41. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II + MAE III).

### 5.1.20.3.- CONSUMOS POR ÁREA DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla representamos el consumo energético del edificio por metro cuadrado.

Tabla 5.1.52. Intensidad energética (MAE I + MAE II + MAE III).

	Intensidad Electricidad (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> )
Iluminación	1.72	0.00	0.00
Climatizació	0.89	10.84	16.80
Otros	1.66	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>4.27</b>	<b>10.84</b>	<b>16.80</b>

5.1.20.4.- CONSUMO MENSUAL DE ILUMINACIÓN Y EQUIPOS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado producido por la instalación de iluminación interior así como la del resto de equipos eléctricos.

Tabla 5.1.53. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE I + MAE II + MAE III).

	CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO EQUIPOS [kWh]
Enero	100,46	84,83
Febrero	80,44	75,46
Marzo	78,66	79,24
Abril	84,37	83,01
Mayo	83,24	86,78
Junio	73,28	75,46
Julio	79,42	86,78
Agosto	74,63	83,01
Septiembre	77,85	79,24
Octubre	106,24	86,78
Noviembre	82,09	79,24
Diciembre	99,45	83,01
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>1020,15</b>	<b>982,87</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	<b>73,28</b>	<b>75,46</b>
<b>MÁXIMO MES</b>	<b>106,24</b>	<b>86,78</b>

5.1.20.5.- CONSUMO MENSUAL DE REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado de las instalaciones de refrigeración y calefacción del edificio.

Tabla 5.1.54. Consumo energético mensual de refrigeración y calefacción (MAE I + MAE II + MAE III).

	CONSUMO ELÉCTRICO REFRIGERACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO CALEFACCIÓN [kWh]
Enero	0,00	2004,80
Febrero	0,02	1680,30
Marzo	0,74	1427,07
Abril	20,73	1030,78
Mayo	148,33	483,72
Junio	778,62	128,84
Julio	1972,86	22,29
Agosto	2040,73	10,47
Septiembre	1181,09	52,38
Octubre	279,04	324,10
Noviembre	6,39	1010,40
Diciembre	2,10	1787,85
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>6430,65</b>	<b>9963,01</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	0,00	10,47
<b>MÁXIMO MES</b>	2040,73	2004,80

5.1.20.6.- PRODUCCIÓN DE CO<sub>2</sub>.

Se obtiene una producción de kg. de CO<sub>2</sub> generados por las instalaciones expresado mensualmente y acumulado al año en la siguiente tabla.

Tabla 5.1.55. Producción mensual de CO<sub>2</sub> (MAE I + MAE II + MAE III).

MES	CONSUMO CO <sub>2</sub> (Kg)
ENERO	734,31
FEBRERO	616,01
MARZO	540,94
ABRIL	435,32
MAYO	323,30
JUNIO	458,18
JULIO	924,89
AGOSTO	943,13
SEPTIEMBRE	604,64
OCTUBRE	343,57
NOVIEMBRE	418,93
DICIEMBRE	667,39
<b>TOTAL</b>	<b>7.010,61</b>

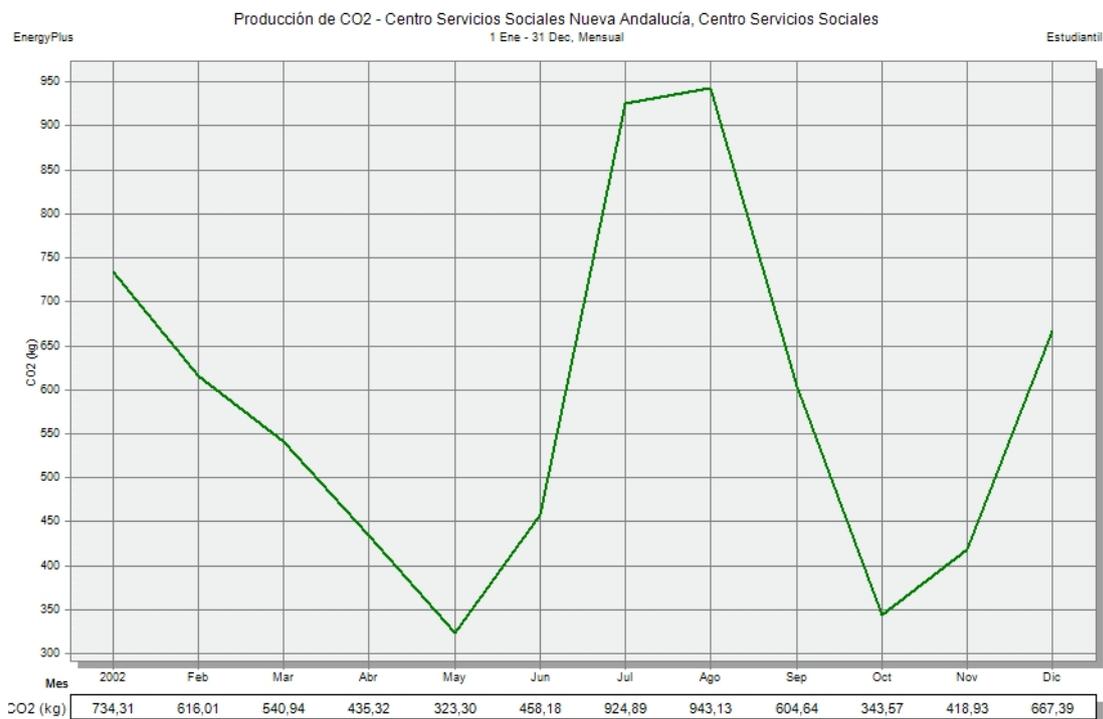


Figura 5.1.42. Distribución de producción de CO<sub>2</sub> anual (MAE I + MAE II + MAE III).

#### 5.1.20.7.- RESUMEN DE RESULTADO OBTENIDOS.

En resumen tendremos los siguientes resultados en lo referente a consumo energético expresado en kWh, coste económico consecuencia del consumo energético, e impacto ambiental expresado en kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> en un año natural.

**Consumo energético: 18.925,29 kWh.**

**Coste económico: 3.046,31 € (energía) + 3.761,11 (potencia) = 6.807,42 €.**

**Impacto ambiental: 27,42 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>.**

#### 5.1.21.- ANÁLISIS DE RESULTADOS DE SIMULACIONES ENERGÉTICAS.

##### 5.1.21.1.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Una vez realizados todos los cálculos de las diferentes hipótesis planteadas procedemos al análisis de los mismos comparando como afectan las distintas mejoras planteadas, de forma independiente y de forma combinada, a los consumos energéticos del edificio modelo tanto de forma global como a sus distintos usos, también analizaremos la influencia directa sobre la producción de kg. de CO<sub>2</sub> en las distintas situaciones.

##### 5.1.21.2.- CONSUMO ENERGÉTICO TOTAL.

Partiendo del edificio modelo hemos obtenido un consumo energético de 19.626,73 kWh al año, a éste modelo le hemos planteado una serie de Medidas de Ahorro y Eficiencia energética (MAE) para conseguir una disminución de los consumos energéticos, la primera de éstas medidas, consistente en mejorar el aislamiento de la envolvente del edificio y colocar en las ventanas unos elementos de sombreado (MAE I) ha generado un importante ahorro total de aproximadamente el 20%. La segunda hipótesis se ha planteado a través de una mejora en la iluminación interior del edificio cambiando las lámparas por otras de menor consumo energético (MAE II) con esta medida se ha conseguido una disminución del consumo energético del 20%, como vemos se obtienen unos objetivos de ahorro muy similares con las dos primeras medidas propuestas. La tercera medida llevada a cabo consiste en mejorar la calidad

ambiental de las zonas climatizadas garantizando las renovaciones de aire necesarias, mediante ésta medida no se genera ahorro energético sino al contrario se produce un aumento del 16%, en este caso se sacrifica la eficiencia energética para garantizar la habitabilidad mínima necesaria.

Una vez analizadas las tres medidas llevadas a cabo se plantean las tres a la vez para lograr el ahorro energético garantizando la calidad ambiental, los resultados obtenidos no son muy positivos ya que únicamente se produce un ahorro energético del 3,5%. Esto es debido a que el ahorro generado a través de la demanda de calefacción gracias al aislamiento térmico así como la disminución de energía al disminuir la potencia de iluminación, se cancela directamente con el aumento del consumo energético producido por la necesidad de introducir aire exterior y tratarlo térmicamente así como con el consumo propio de los equipos de ventilación.

Por último observando las medidas desarrolladas observamos que para conseguir el mayor ahorro deberíamos aplicar conjuntamente MAE I y MAE II, así obtendríamos un ahorro total del 35%, consecuencia de la superposición de la disminución en la demanda de calefacción e iluminación interior.

En el siguiente diagrama de barras observamos los consumos energéticos del edificio según las medidas aplicadas.



Figura 5.1.43. Diagrama de barras comparativo del consumo energético total.

## 5.1.21.3.- CONSUMO ENERGÉTICO DE CALEFACCIÓN.

Pasamos a analizar cómo han influido las distintas mejoras llevadas a cabo en el edificio en lo referente a consumo de calefacción. Así tenemos que el consumo para calefacción del edificio modelo es de 7.932,76 kWh al año. Mediante la aplicación de la mejora del aislamiento térmico (MAE I) se produce un ahorro energético del 34%, consecuencia directa del aislamiento térmico provocando una reducción en las necesidades de climatización. Mediante la reducción de potencia de iluminación (MAE II), se produce un aumento muy pequeño del consumo de aproximadamente un 8%, a través de ésta medida no se obtienen ahorro significativos para el consumo de calefacción. Por último al mejorar la calidad ambiental (MAE III) el consumo aumenta aproximadamente un 24%, esto es debido a la necesidad que se produce al tener que tratar térmicamente el aire que se introduce desde el exterior para la renovación de aire, ésta medida implica un aumento de consumo en el ámbito de la calefacción del edificio.

En el siguiente diagrama podemos observar los consumos de calefacción del edificio para las distintas situaciones propuestas.

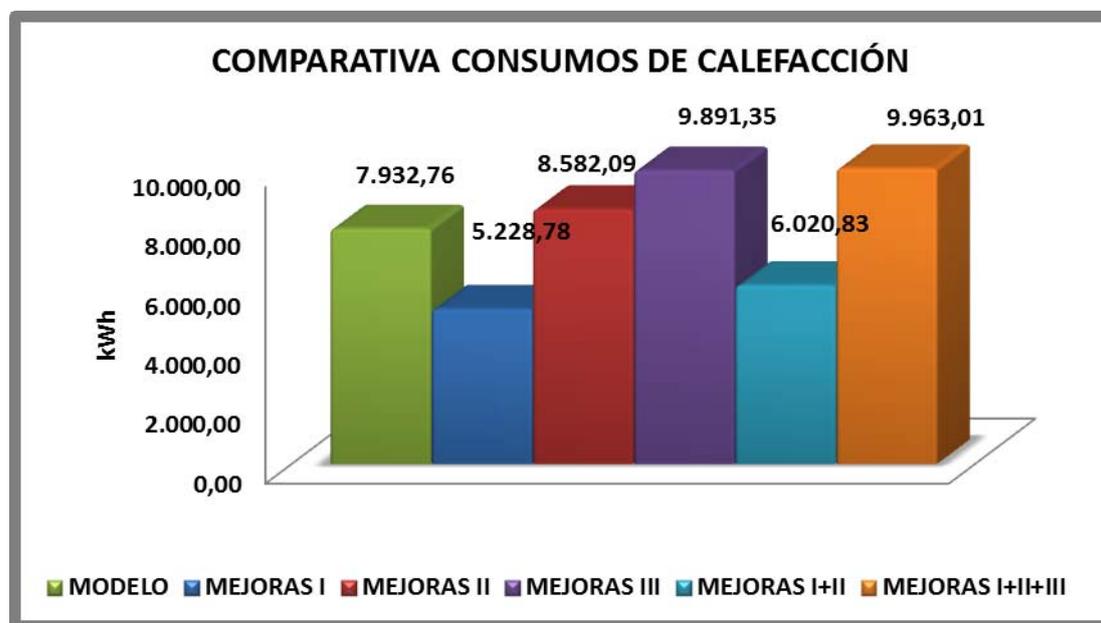


Figura 5.1.44. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de calefacción.

5.1.21.4.- CONSUMO ENERGÉTICO DE REFRIGERACIÓN.

En lo referente al consumo energético del edificio para la refrigeración tenemos que mediante la mejora del aislamiento de la envolvente térmica (MAE I) y la reducción de potencia en iluminación (MAE II) se generan ahorros energéticos muy pequeños del orden del 4% y 9% respectivamente, aunque al aplicar ambas medidas conjuntamente obtenemos un ahorro energético en refrigeración en torno al 19% cifra ésta que ya pasa a ser suficientemente significativa. Por otra parte a través de la mejora de la calidad del aire del edificio se genera un aumento de consumo del 16%, hecho muy similar al que ocurriría con la calefacción debido al tratamiento térmico del aire exterior. Al aplicar todas las medidas de manera conjunta se produce un aumento de consumo de un 10%.

En el siguiente diagrama observamos la evolución del consumo energético en lo referente a la refrigeración.

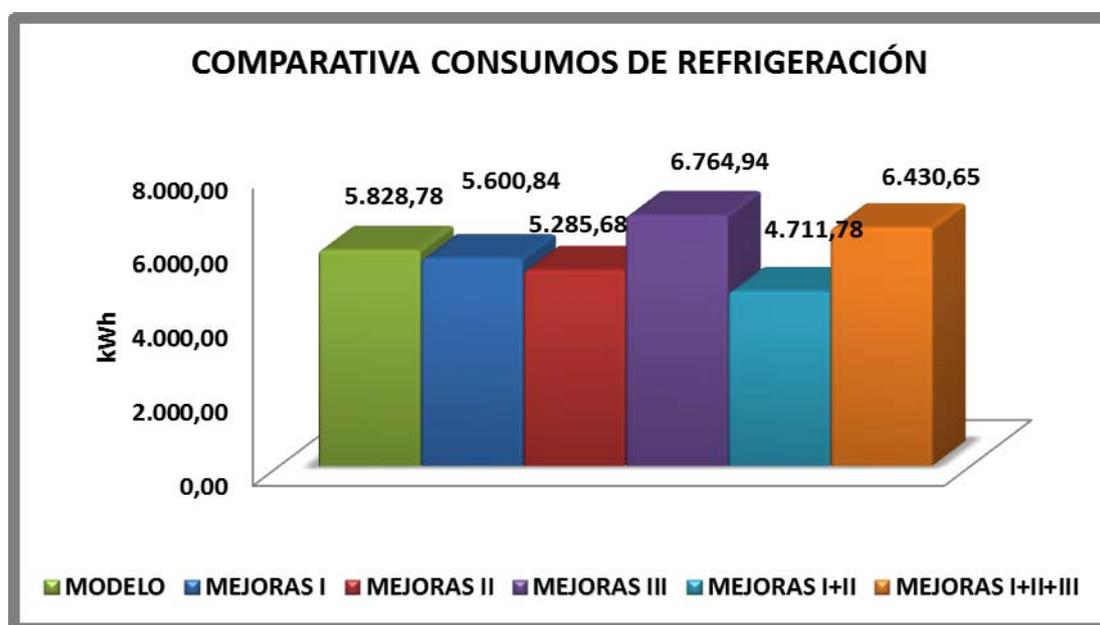


Figura 5.1.45. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de refrigeración.

5.1.21.5.- CONSUMO ENERGÉTICO DE ILUMINACIÓN.

En lo que respecta al consumo generado en el edificio por la iluminación interior observamos que únicamente se produce un ahorro significativo al llevar a cabo de reducción de potencia instalada en iluminación (MAE II) llegando a un ahorro del 85% en éste ámbito, no produciéndose variaciones importantes en el resto de las hipótesis planteadas.

En el diagrama de barras siguiente observamos la evolución de consumos energéticos.



Figura 5.1.46. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de iluminación.

5.1.21.6.- CONSUMO ENERGÉTICO DE EQUIPOS.

En lo que respecta al consumo energético generado en los equipos instalados en el edificio no se produce ningún ahorro significativo con ninguna de las medidas descritas, al contrario a través de la medida de mejora de calidad ambiental (MAE III) se produce un aumento de consumo del 26%, esto es debido a que a los consumos de los equipos existentes hay que sumarle el que se produce en los ventiladores que son necesarios para las renovaciones de aire.

En el diagrama adjunto se observa la evolución de consumos de equipos.

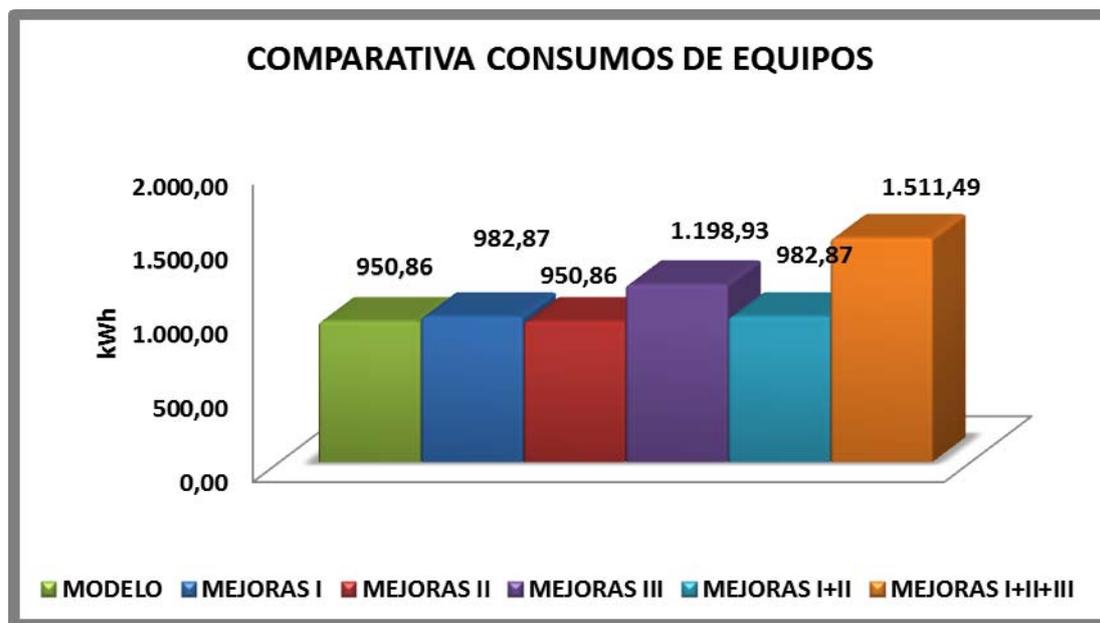


Figura 5.1.47. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de equipos.

#### 5.1.21.7.- PRODUCCIÓN TOTAL DE CO<sub>2</sub>.

Pasamos ahora a analizar la producción de CO<sub>2</sub> que genera el edificio que según los datos obtenidos es de 9.379,98 kg., mediante la aplicación de las medidas de ahorro y eficiencia energética se pretende disminuir la cantidad de emisiones generadas, así obtenemos que mediante la mejora del aislamiento térmico de la envolvente del edificio éstas se reducen en un 18%, doblándose prácticamente ésta cantidad al aplicarle al edificio una reducción en la potencia de iluminación interior llegando a una disminución del 31%. Por otra parte al mejorar la calidad ambiental se produce un aumento de emisiones muy poco significativo de aproximadamente un 4%.

Obtenemos la mayor reducción de emisiones uniendo las medidas MAE I y MAE II que nos genera disminuciones del orden del 42%, al aplicarle todas las medidas de manera conjunta la reducción llega a un 25%.

Observamos en el siguiente diagrama las emisiones de CO<sub>2</sub>.

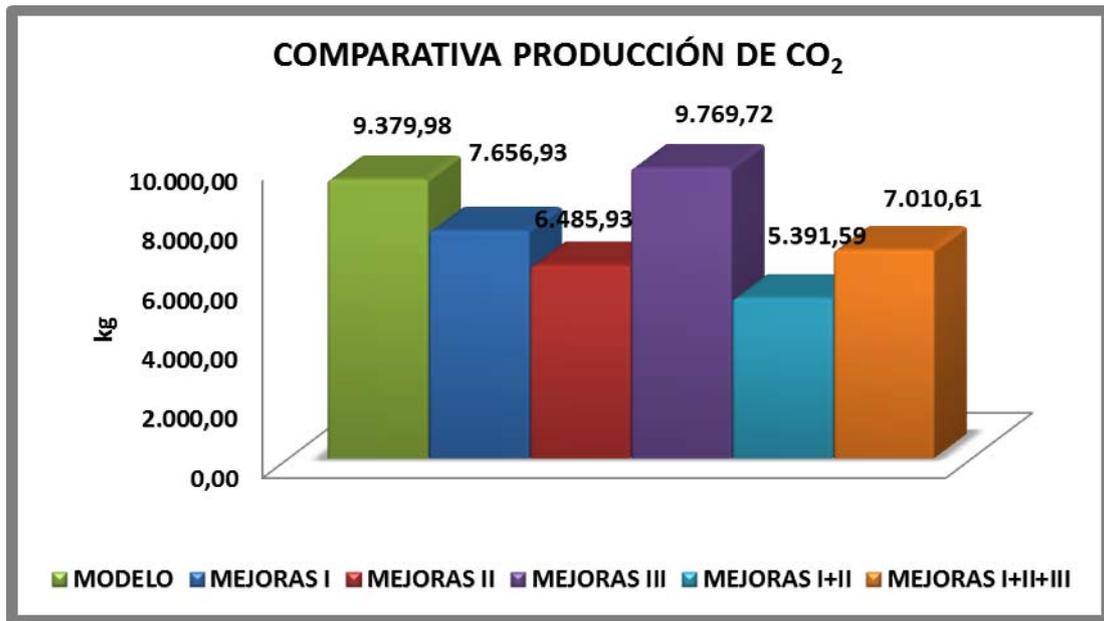
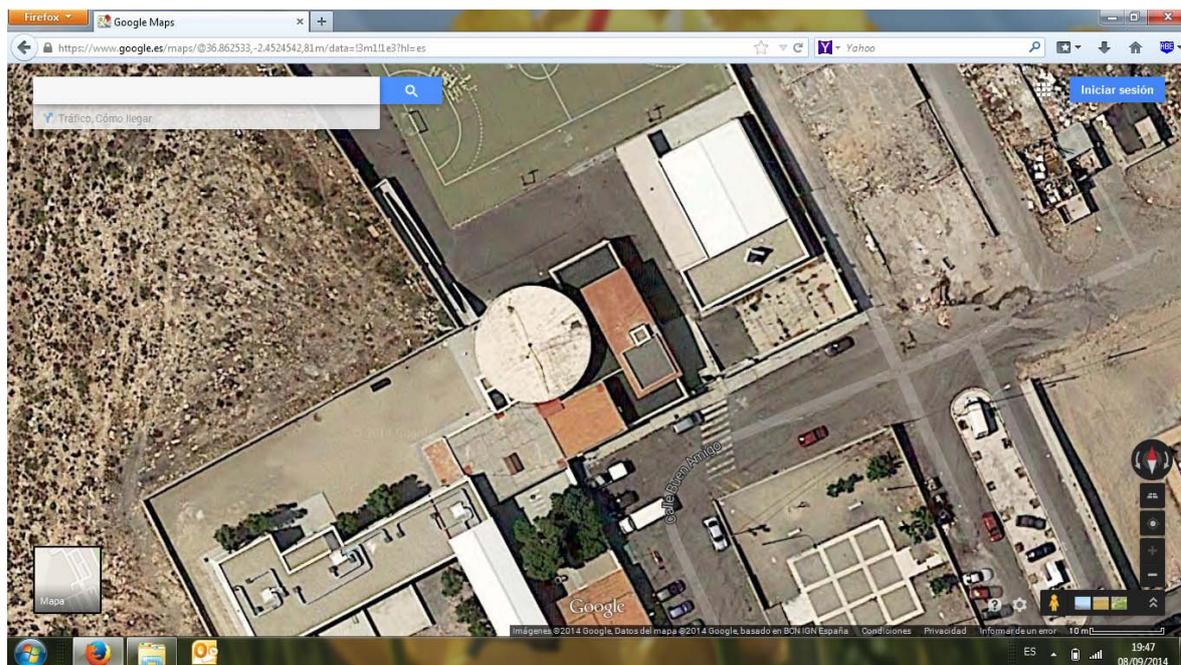


Figura 5.1.48. Diagrama de barras comparativo de la producción de CO<sub>2</sub>.

## 5.2. EDIFICIO ESCUELA INFANTIL MUNICIPAL “LOS ALMENDROS”.

### 5.2.1. SITUACIÓN.

El edificio objeto de estudio es la Escuela Municipal Infantil “Los Almendros” del Excmo. Ayuntamiento de Almería, está ubicada en la Calle La Cal, s/n del término municipal de Almería, Andalucía.



*Figura 5.2.1. Localización de la Escuela Infantil.*

### 5.2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL Y USO.

El uso principal del edificio es docente realizándose las tareas propias de un Centro de Educación, está destinado a niños menores de 6 años. El horario de funcionamiento es de 8 a 15 horas, de lunes a viernes, organizando por las tardes talleres y charlas por lo que se usan sus aulas aunque no de manera continua.

Consta de una planta sobre rasante, estando en ésta planta distribuidas las distintas aulas, los aseos, la zona administrativa, así como una pequeña cocina y zona de comedor.

Se adjuntan algunas fotografías para facilitar la comprensión de la morfología del edificio.



Figura 5.2.2. Fachada lateral.



Figura 5.2.3. Entrada principal.



*Figura 5.2.4. Fachada trasera I.*



*Figura 5.2.5. Fachada trasera II.*



*Figura 5.2.6. Aula 1.*



*Figura 5.2.7. Aula 2.*



*Figura 5.2.8. Aula 3.*



*Figura 5.2.9. Aula 4.*



Figura 5.2.10. Aula 5.

### 5.2.3. DISTRIBUCIÓN.

El edificio consta de una planta sobre rasante, en la siguiente tabla se expresa el área ocupada:

Tabla 5.2.1. Superficie total del edificio.

PLANTA	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )
BAJA	321,00

A continuación se muestra una tabla con la altura absoluta de la planta:

Tabla 5.2.2. Altura interior de dependencias.

PLANTA	COTA RELATIVA	ALTURA (m)
BAJA	3,5	3,5

Se describe a continuación la planta determinando su forma y dimensiones:

### PLANTA BAJA

Cuenta con una superficie de 321,00 m<sup>2</sup> la distribución se puede ver en el siguiente plano:

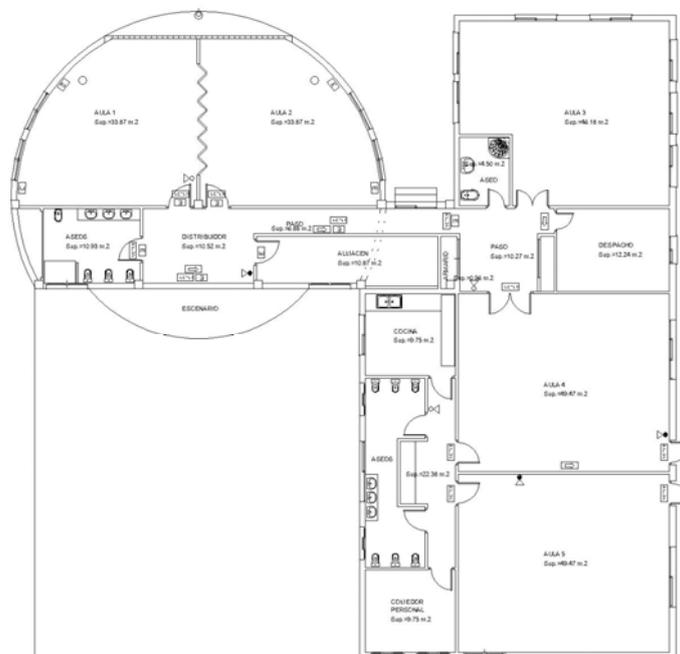


Figura 5.2.11. Planta de distribución.

Tabla 5.2.3. Superficie de dependencias.

PLANTA BAJA	
DEPENDENCIA	SUPERFICIE
Aula 1-2	63,19
Aula 3	46,73
Aula 4	51,44
Aula 5	48,38
Cocina	10,65
Comedor	9,62
Despacho	10,95
Aseo A1	11,36
Aseo A3	5,06
Aseo A4-5	12,39
Almacén	12,40
Distribuidor 1	28,38
Distribuidor 2	10,45
<b>TOTAL</b>	<b>321,00</b>

#### 5.2.4. MATERIALES.

Los materiales que se describen a continuación son los que componen el edificio, teniendo en cuenta sus espesores así como el orden de colocación de las capas, siendo las características de éstos las que el programa nos facilita de su propia base de datos. Así tendremos las siguientes composiciones de cerramientos y particiones.

#### FACHADA

Tabla 5.2.4. Composición de la fachada por capas.

Capas	Grosor
Mortero de cemento	1,5 cm
Ladrillo hueco triple	10 cm
Enlucido en yeso	1,5 cm

**Transmitancia Térmica U: 2,31 W/m<sup>2</sup>k**

### CUBIERTA

Tabla 5.2.5. Composición de la cubierta por capas.

Capas	Grosor
Lámina bituminosa	0,2 cm
Hormigón	12 cm
Cámara de aire	7 cm
Placa de yeso	1,3 cm

**Transmitancia Térmica U: 2,03 W/m<sup>2</sup>k**

### SOLERA

Tabla 5.2.6. Composición de la solera por capas.

Capas	Grosor
Poliestireno extruido	5 cm
Hormigón	10 cm
Revestimiento	7 cm
Baldosa gres	3 cm

**Transmitancia Térmica U: 0,45 W/m<sup>2</sup>k**

### TABICÓN

Tabla 5.2.7. Composición del tabicón por capas.

Capas	Grosor
Enlucido en yeso	1,5 cm
Ladrillo hueco doble	9 cm
Enlucido en yeso	1,5 cm

**Transmitancia Térmica U: 1,81 W/m<sup>2</sup>k**

A continuación se describen las ventanas que forman parte del edificio, éstas son todas del mismo tipo aunque de distintas dimensiones dependiendo de la zona del edificio. Son ventanas de acristalamiento simple de 3 mm., el marco es de aluminio lacado en color oscuro.

VENTANA

Tabla 5.2.8. Composición de las ventanas.

Capas	Grosor
Acrisolamiento	Simple de 3 mm
Marco	Metálico sin rotura puente térmico
Color marco	Oscuro
Porcentaje ocupado por el marco	10,00%

**Transmitancia Térmica U: 5,89 W/m<sup>2</sup>k**

**5.2.5. OCUPACIÓN.**

Para dimensionar la ocupación prevista del edificio el programa nos obliga a asignar un ratio de ocupantes por metro cuadrado climatizado, comprobando la ocupación según las indicaciones del Documentos Básico Seguridad en caso de incendio (DB-SI) en concreto su sección SI-3 Evacuación de ocupantes del Código Técnico de la Edificación, asignamos un ratio que varía entre los distintos usos de las dependencias, obteniendo una ocupación similar según observamos en la tabla siguiente:

Tabla 5.2.9. Ocupación del edificio.

DEPENDENCIA	SUP. UTIL m <sup>2</sup>	Ratio pers/m <sup>2</sup> e+	Num. personas
<b>PLANTA BAJA</b>			
Aula 1-2	63,19	0,5	32
Aula 3	46,73	0,5	24
Aula 4	51,44	0,5	26
Aula 5	48,38	0,5	25
Cocina	10,65	0,25	3
Comedor	9,62	0,25	3
Despacho	10,95	0,5	6
Aseo A1	11,36	Alternativa	0
Aseo A3	5,06	Alternativa	0
Aseoa A4-5	12,39	Alternativa	0
Almacén	12,40	0,3	4
Distribuidor 1	28,38	Alternativa	0
Distribuidor 2	10,45	Alternativa	0
<b>TOTAL</b>			<b>123</b>

5.2.6. CONDICIONES DE DISEÑO EXTERIORES E INTERIORES.

Para el cálculo de los consumos energéticos del edificio se han tenido en cuenta las condiciones exteriores proporcionadas por el programa de cálculo según la localización geográfica siendo éstas para el año tipo las siguientes:

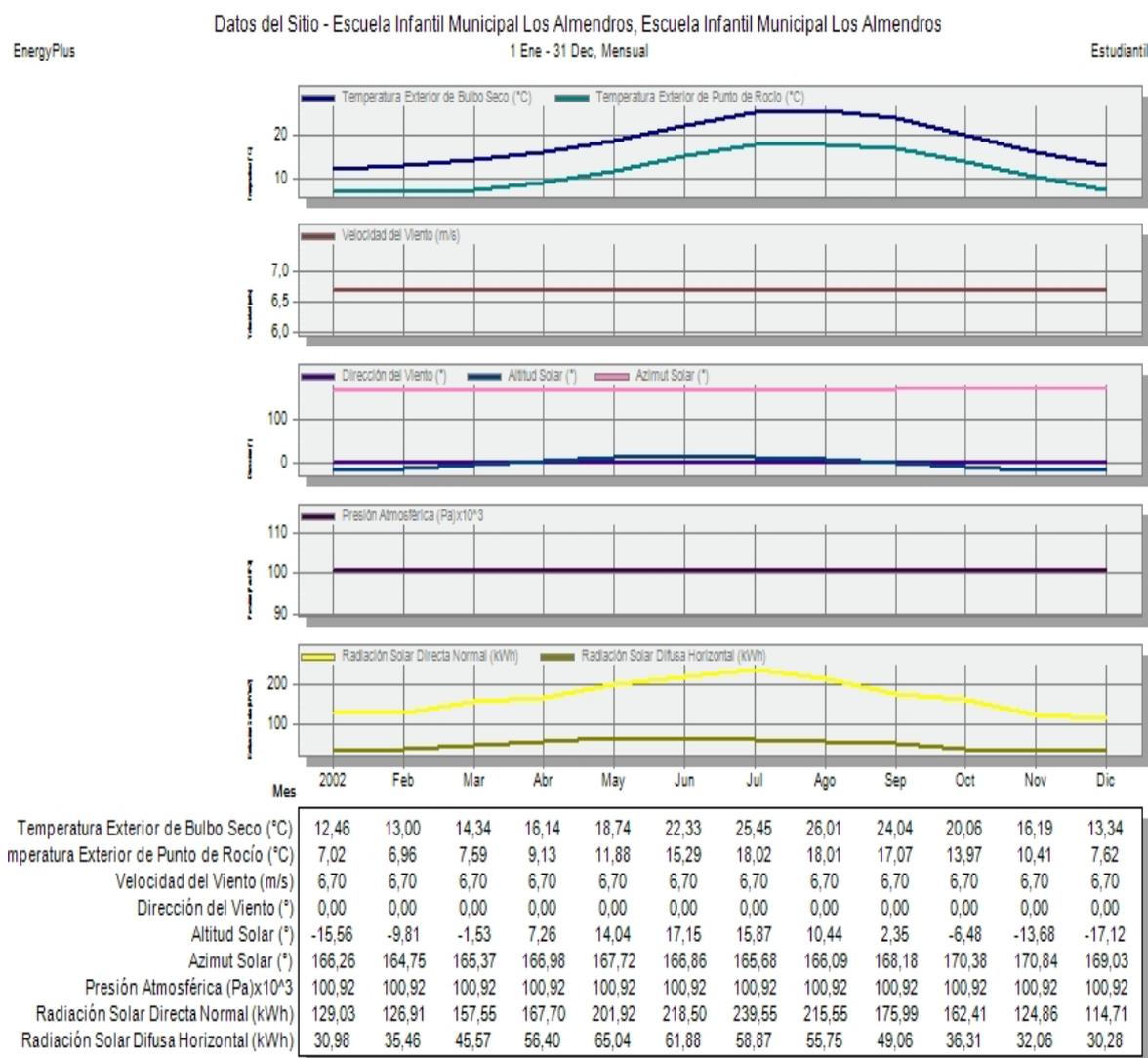


Figura 5.2.12. Condiciones de diseño exteriores.

Condiciones para el cálculo de verano:

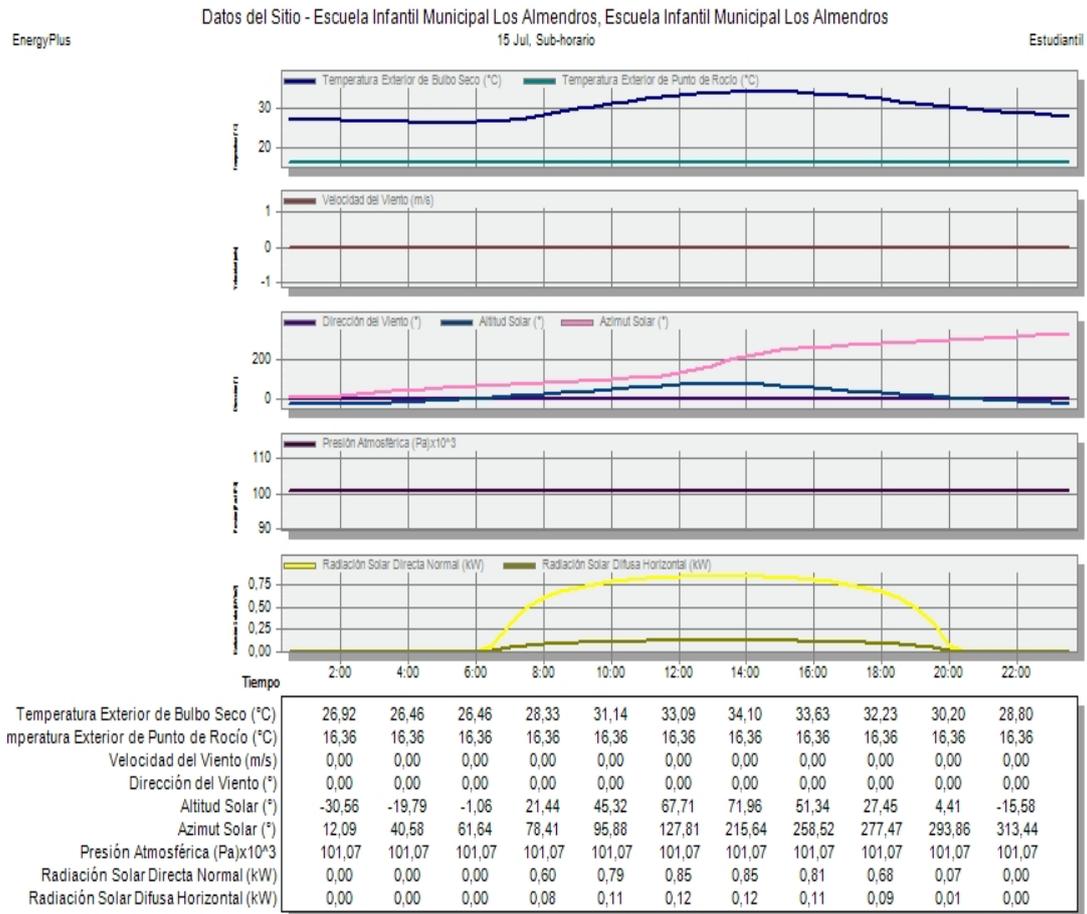


Figura 5.2.13. Condiciones de diseño para verano.

La radiación solar la aporta directamente el programa de simulación según la base de datos proporcionada por METEONORM. Los datos que utiliza tienen en cuenta las correcciones necesarias debidas a las coordenadas geográficas de la ubicación del edificio. Al tratarse de una simulación dinámica nos proporciona los datos de radiación solar hora a hora teniendo en cuenta la orientación del edificio, del mismo modo corrige los ángulos de incidencia en función de la disposición de los cerramientos, verticales y horizontales.

Condiciones para el cálculo de invierno:

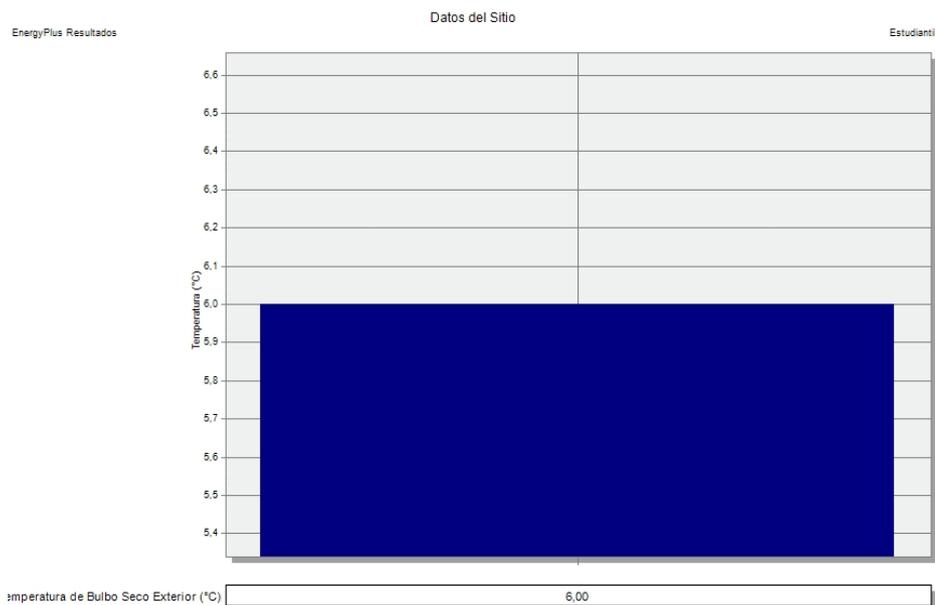


Figura 5.2.14. Condiciones de diseño para invierno.

Las características de diseño interiores en los locales climatizados será de 21°C para invierno y 23°C para verano, la humedad relativa estará entre el 43 y 58% según RITE.

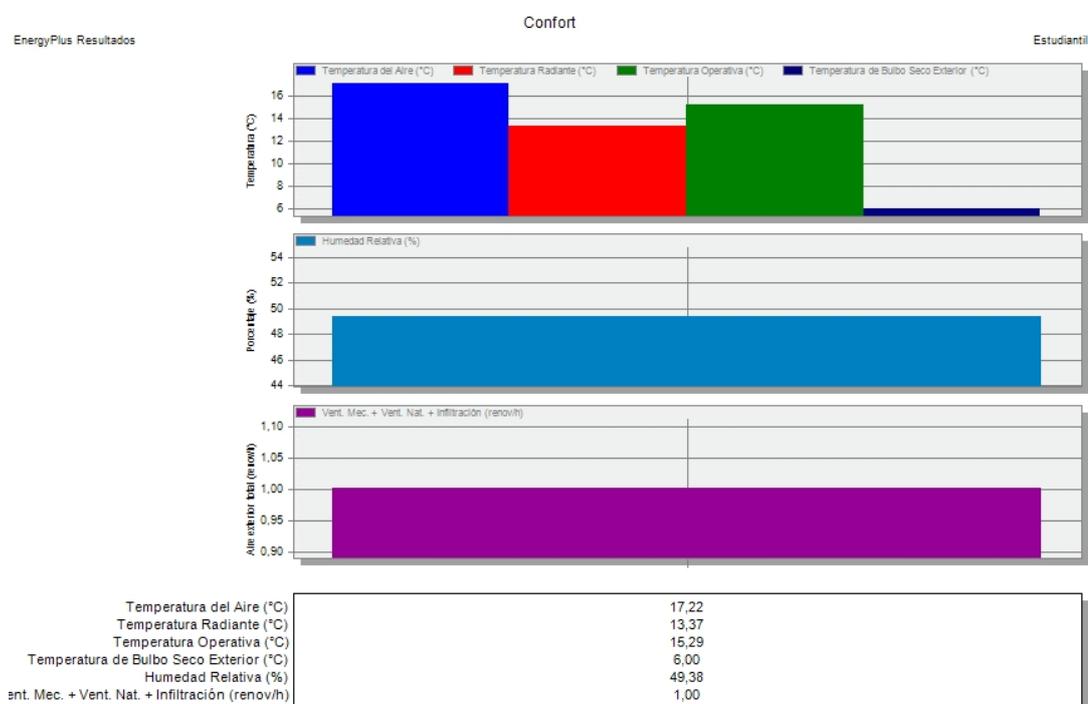


Figura 5.2.15. Condiciones de diseño interiores para invierno.

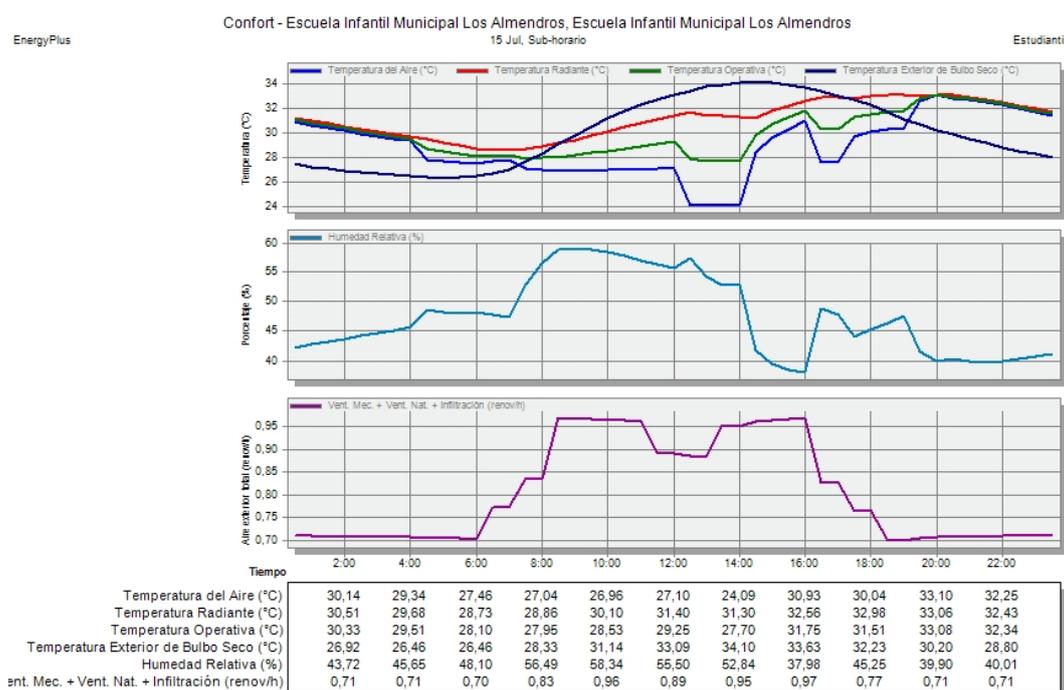


Figura 5.2.16. Condiciones de diseño interiores para verano.

## 5.2.7. CONSUMOS ENERGÉTICOS.

### 5.2.7.1.- CONSUMOS CLIMATIZACIÓN.

La climatización del edificio se lleva a cabo mediante equipos del tipo partido con inversión del ciclo de funcionamiento como bomba de calor reversible y sistema de funcionamiento inverter, los equipos exteriores están instalados en cubierta del edificio y zonas exteriores conectando éstos con los evaporadores interiores mediante interconexión frigorífica son del tipo split siendo todos los conjuntos del tipo 1+1. Estando instalados en las aulas conjuntos de la marca HAIER modelo 18k con una potencia de refrigeración de 5200 W y de calefacción de 5800 W, en el comedor y despacho de dirección hay conjuntos de la marca HAIER modelo 9k con una potencia de refrigeración de 2700 W y de calefacción de 2800 W.

### 5.2.7.2.- CONSUMOS ILUMINACIÓN.

La iluminación de todas las dependencias se lleva a cabo mediante luminarias de superficie de alumbrado fluorescente con tubos de 16 mm. y una potencia de 35W

no dispone de ningún tipo de sistema de control, para el cálculo mediante el programa le hemos asignado el valor de  $4,6\text{W}/\text{m}^2$ -100 lux. Se obtienen los valores de consumos de iluminación siguientes:

Tabla 5.2.10. Potencia instalada iluminación interior.

DEPENDENCIA	SUPERFICIE m <sup>2</sup>	DENSIDAD POTENCIA ILUMINACIÓN W/m <sup>2</sup>	POTENCIA TOTAL W
<b>PLANTA BAJA</b>			
Aula 1-2	63,19	12,88	813,86
Aula 3	46,73	12,88	601,84
Aula 4	51,44	12,88	662,50
Aula 5	48,38	12,88	623,18
Cocina	10,65	23,00	244,93
Comedor	9,62	6,90	66,35
Despacho	10,95	9,20	141,09
Aseo A1	11,36	9,20	104,50
Aseo A3	5,06	9,20	28,56
Aseo A4-5	12,39	9,20	46,53
Almacén	12,40	2,30	113,97
Distribuidor 1	28,38	4,60	130,54
Distribuidor 2	10,45	4,60	48,07
<b>TOTAL</b>	<b>321,00</b>		<b>3.625,90</b>

### 5.2.7.3.- CONSUMOS EQUIPOS.

En lo referente al consumo de equipos se ha tenido en cuenta los equipos de oficina así como los ordenadores asignándoles para el cálculo mediante el programa el valor de  $4,7\text{W}/\text{m}^2$ . Se obtienen los valores de consumos de equipos siguientes:

Tabla 5.2.11. Potencia instalada equipos.

DEPENDENCIA	SUPERFICIE m2	DENSIDAD POTENCIA EQUIPOS W/m2	POTENCIA TOTAL W
<b>PLANTA BAJA</b>			
Aula 1-2	63,19	4,70	296,99
Aula 3	46,73	4,70	219,63
Aula 4	51,44	4,70	241,76
Aula 5	48,38	4,70	227,38
Cocina	10,65	5,00	53,25
Comedor	9,62	0,00	0,00
Despacho	10,95	4,70	51,46
Aseo A1	11,36	0,00	0,00
Aseo A3	5,06	0,00	0,00
Aseo A4-5	12,39	0,00	0,00
Almacén	12,40	0,00	0,00
Distribuidor 1	28,38	0,00	0,00
Distribuidor 2	10,45	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>255,63</b>		<b>1.090,47</b>

#### 5.2.7.4.- CONSUMO DE AGUA CALIENTE SANITARIA.

La producción de agua caliente sanitaria se produce mediante un calentador eléctrico, mediante resistencia eléctrica, con una capacidad de acumulación de 50 litros y una potencia de 2500 W produciéndose un consumo aproximado de 17 m<sup>3</sup>.

#### 5.2.7.5.- RÉGIMEN DE OCUPACIÓN Y USOS.

Una vez conocida la ocupación del edificio así como todos los elementos que generan demanda energética, para conseguir que ésta sea lo más real posible hay que indicar el régimen de funcionamiento fijando horarios de actividad, durante el día, así como porcentajes de utilización de los receptores dentro del día, teniendo en cuenta que es imposible de controlar el buen uso de las instalaciones por los usuarios.

El horario de funcionamiento es de 8 a 15 horas, de lunes a viernes, organizando por las tardes talleres y charlas por lo que se usan sus aulas aunque con

una ocupación mucha más reducida. El régimen de ocupación se puede asimilar al descrito en la siguiente figura.

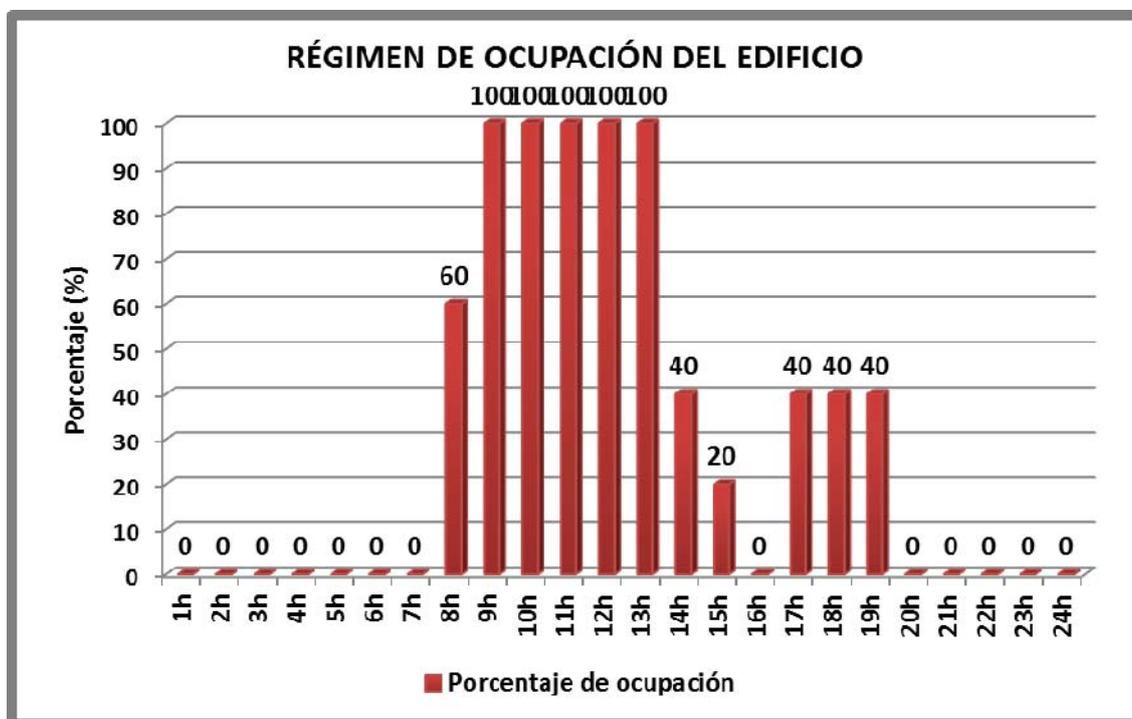


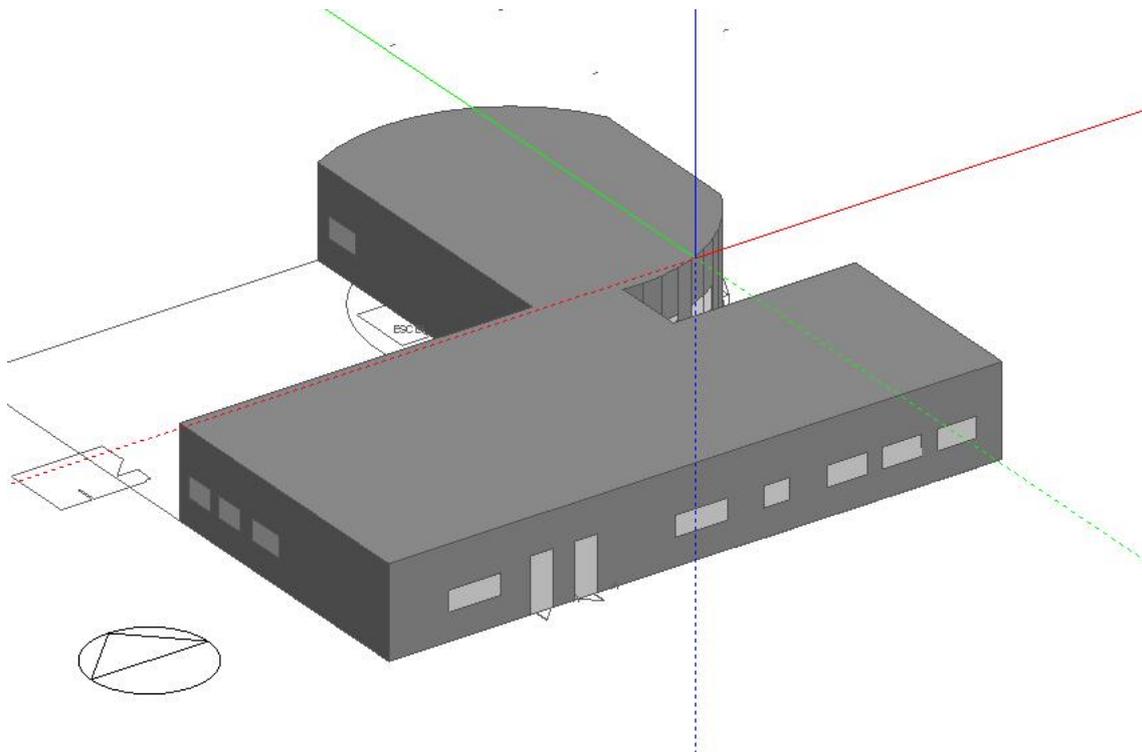
Figura 5.2.17. Representación del régimen de ocupación del edificio.

#### 5.2.7.6.- COSTE ECONÓMICO DEL CONSUMO ENERGÉTICO.

Para obtener el coste económico que genera el consumo energético del edificio y teniendo en cuenta que únicamente se consume energía eléctrica, utilizaremos el valor de €/kWh que actualmente tiene contratado el Excmo. Ayuntamiento de Almería, para una tarifa tipo 3.0A para suministros de más de 15 kW de potencia instalada, concretamente hay 39 kW contratados. Dentro de los distintos periodos de consumo tomaremos el que recoja los que se producen principalmente en horario de mañana así como el precio del término de potencia correspondiente. Tomamos éste precio como referencia ya que nos encontraríamos en mercado libre y sería variable en función de las distintas ofertas que ofrecen las empresas comercializadoras de energía eléctrica. El precio a tomar será de 0,160965 €/kWh, así como para la potencia sería de

8,036572 €/kW mes, estos precios habría que incrementarlos con los impuesto que en cada momento afecten a este tipo de servicio.

### 5.2.8. REPRESENTACIÓN DEL EDIFICIO EN DESIGN BUILDER.



*Figura 5.2.18. Representación de volúmenes de fachada principal.*

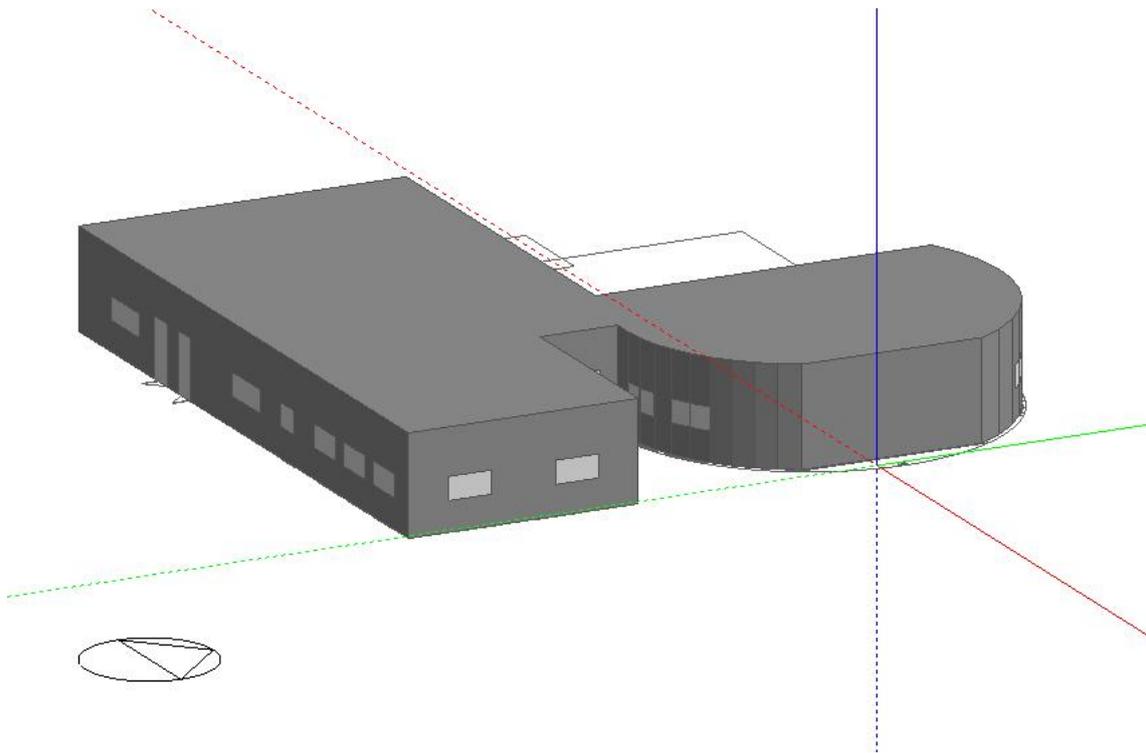


Figura 5.2.19. Representación de volúmenes de fachada posterior.

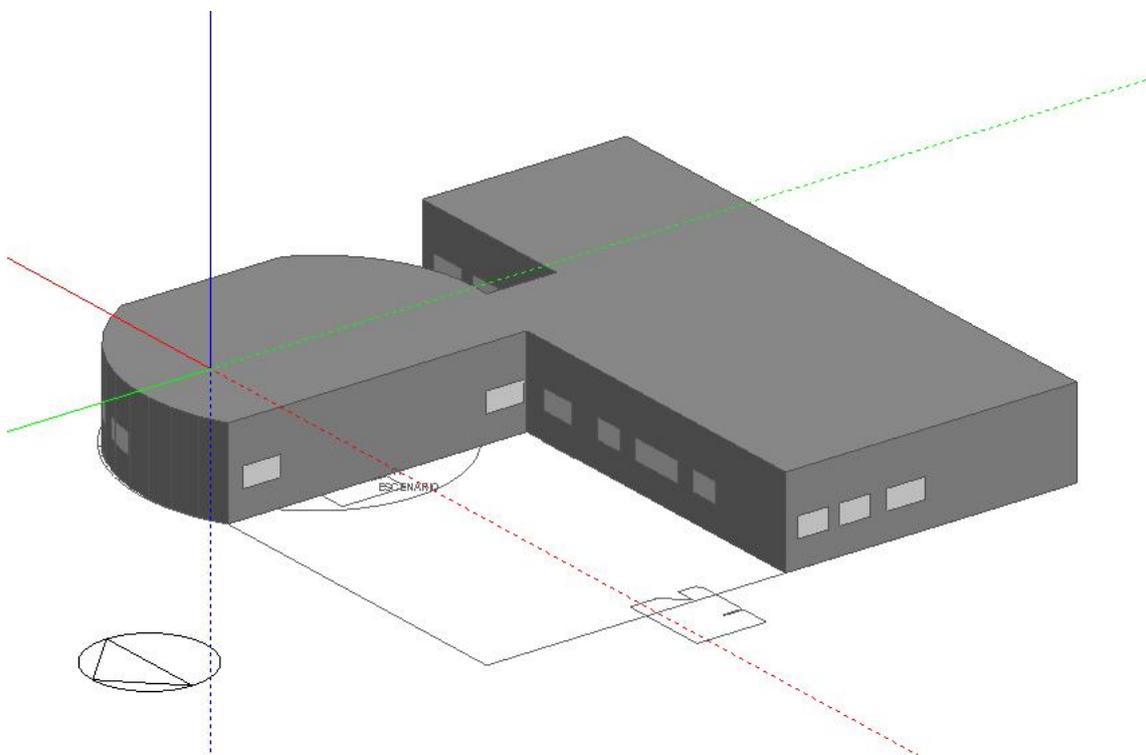


Figura 5.2.20. Representación de volúmenes de fachada lateral I.

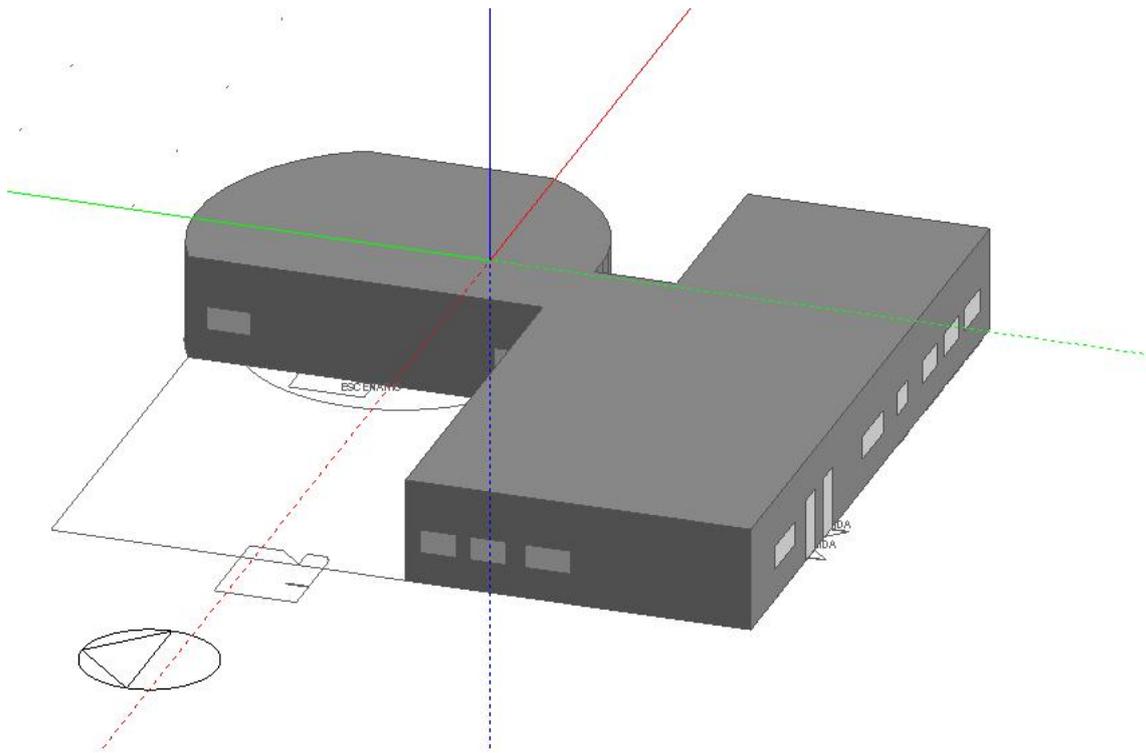


Figura 5.2.21. Representación de volúmenes de fachada lateral II.

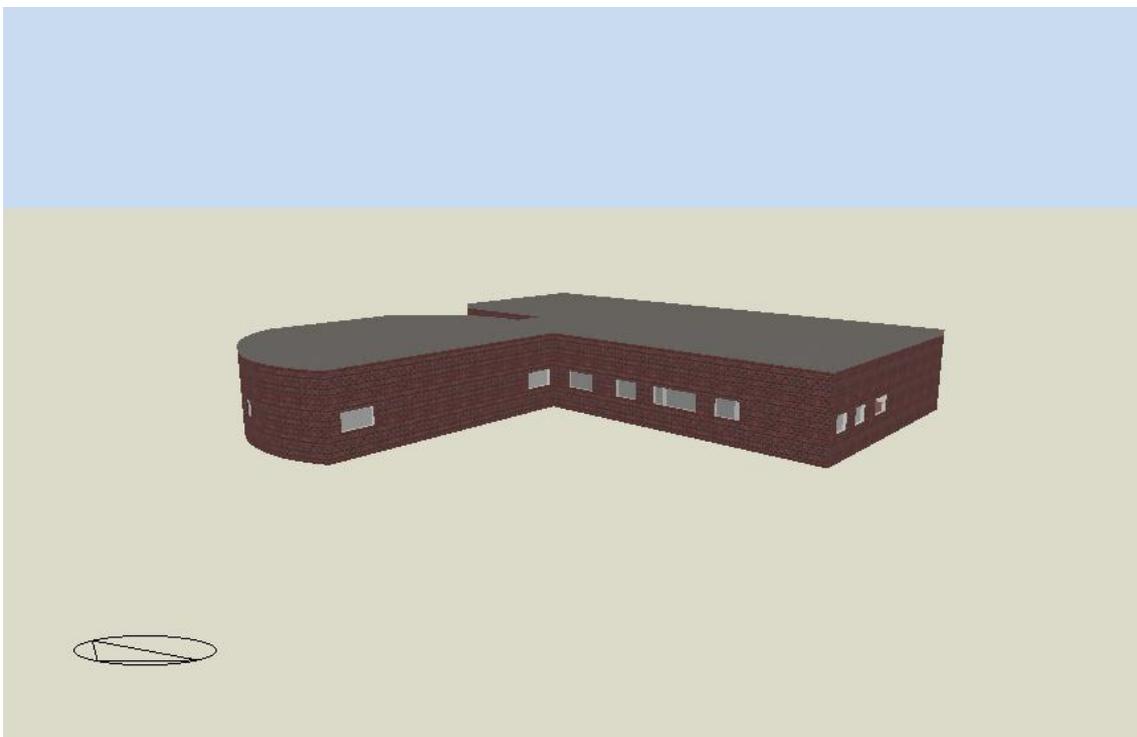
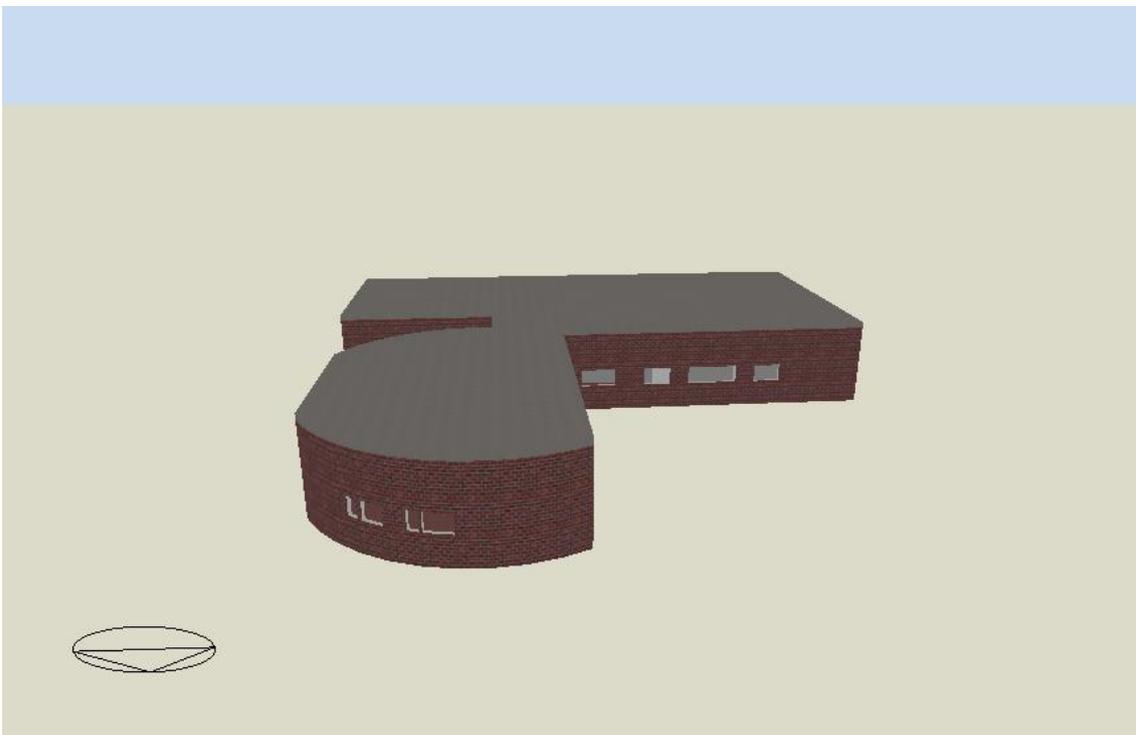


Figura 5.2.22. Alzado fachada lateral.



*Figura 5.2.23. Alzado fachada posterior.*



*Figura 5.2.24. Alzado fachada lateral.*

**5.2.9. CONSUMOS ENERGÉTICOS REALES DEL EDIFICIO.**

Teniendo en cuenta que en el edificio los consumos energéticos se producen sólo y exclusivamente a través de energía eléctrica, a través de la factura eléctrica obtendremos la actual demanda energética, se adjuntan resumen de factura de año tipo proporcionadas por la compañía suministradora Endesa:

*Tabla 5.2.12. Consumo energético real del edificio.*

<b>AÑO TIPO</b>	
<b>MES</b>	<b>CONSUMO ENERGÉTICO (kWh)</b>
ENERO	2.444
FEBRERO	2.920
MARZO	2.270
ABRIL	1.580
MAYO	1.323
JUNIO	1.371
JULIO	1.974
AGOSTO	892
SEPTIEMBRE	801
OCTUBRE	1.372
NOVIEMBRE	1.083
DICIEMBRE	2.010
<b>TOTAL</b>	<b>20.040</b>

**5.2.10. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO MEDIANTE e+.****5.2.10.1.- DATOS INICIALES.**

En la tabla anexa se muestran los datos que proporciona el programa de cálculo para el emplazamiento del edificio en el término municipal de Almería.

*Tabla 5.2.13. Datos proporcionados por e+ del edificio.*

Program Version	EnergyPlusDLL 32 8.1.0.008
Weather	ESCUELA INFANTIL MUNICIPAL LOS ALMENDROS
Latitude [deg]	36.85
Longitude [deg]	-2.4
Elevation [m]	21.00
Time Zone	1.00
North Axis Angle [deg]	0.00
Rotation for Appendix G [deg]	0.00
Hours Simulated [hrs]	8760.00

#### 5.2.10.2.- RESUMEN DE DATOS DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los datos introducidos mediante el entorno gráfico al software de cálculo y simulación energética del edificio en el cual especificamos las dimensiones de las distintas dependencias que componen el edificio así como si están climatizadas.

Tabla 5.2.14. Datos por dependencias.

PLANTA BAJA			
DEPENDENCIA	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	CLIMATIZADO
Aula 1-2	63,19	221,16	SI
Aula 3	46,73	163,54	SI
Aula 4	51,44	180,03	SI
Aula 5	48,38	169,34	SI
Cocina	10,65	37,27	NO
Comedor	9,62	33,65	SI
Despacho	10,95	38,34	SI
Aseo A1	11,36	39,75	NO
Aseo A3	5,06	17,70	NO
Aseo A4-5	12,39	43,36	NO
Almacén	12,40	43,46	NO
Distribuidor 1	28,38	99,32	NO
Distribuidor 2	10,45	36,58	NO
<b>TOTAL</b>	<b>321,00</b>	<b>1123,51</b>	
<b>TOTAL CLIMATIZADO</b>	<b>230,30</b>	<b>806,06</b>	
<b>TOTAL NO CLIMATIZADO</b>	<b>90,70</b>	<b>317,45</b>	

### 5.2.10.3.- CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA.

Una vez introducidos todos los datos referentes a morfología, materiales, actividad y sistemas de climatización obtenemos que el consumo total del energía del edificio es de 20.467,72 kWh, éste consumo se aproxima mucho al consumo real del edificio en el año 2011 que es de 20.040 kWh, esta diferencia es aceptable ya que el programa de simulación para el cálculo utiliza un año climatológico tipo que no coincide con el año 2011 de donde se obtienen los datos reales.

Tabla 5.2.15. Consumo total de energía.

	Energía Total (kWh)	Energía por superficie total del edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energía por superficie total climatizada del edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]
<b>TOTAL</b>	20467.72	63.76	88.87

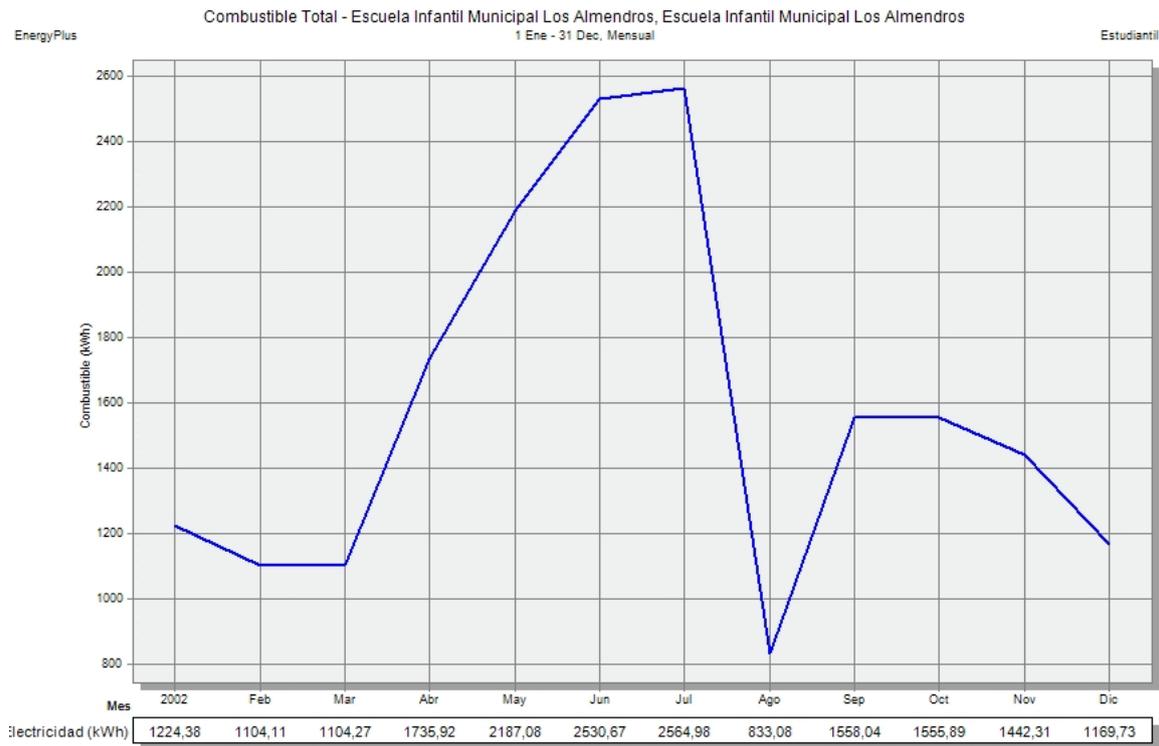


Figura 5.2.25. Distribución de consumo energético anual.

#### 5.2.10.4.- CONSUMOS POR USOS.

A continuación pasamos a desglosar los distintos consumos según los usos que encontramos en el edificio.

Tabla 5.2.16. Distribución de consumos energéticos por usos.

	Electricidad (kWh)	Refrigeración (kWh)	Calefacción (kWh)	ACS (kWh)
Calefacción	0.00	0.00	870.63	0.00
Refrigeración	0.00	7516.72	0.00	0.00
Iluminación interior	7772.18	0.00	0.00	0.00
Iluminación exterior	0.00	0.00	0.00	0.00
Equipos interiores	3200.16	0.00	0.00	0.00
Equipos exteriores	0.00	0.00	0.00	0.00
Ventiladores	0.00	0.00	0.00	0.00
Bombas	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidificador	0.00	0.00	0.00	0.00
Recuperador de calor	0.00	0.00	0.00	0.00
Sistemas de agua	0.00	0.00	0.00	1108.04
Generadores	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>10972.33</b>	<b>7516.72</b>	<b>870.63</b>	<b>1108.04</b>

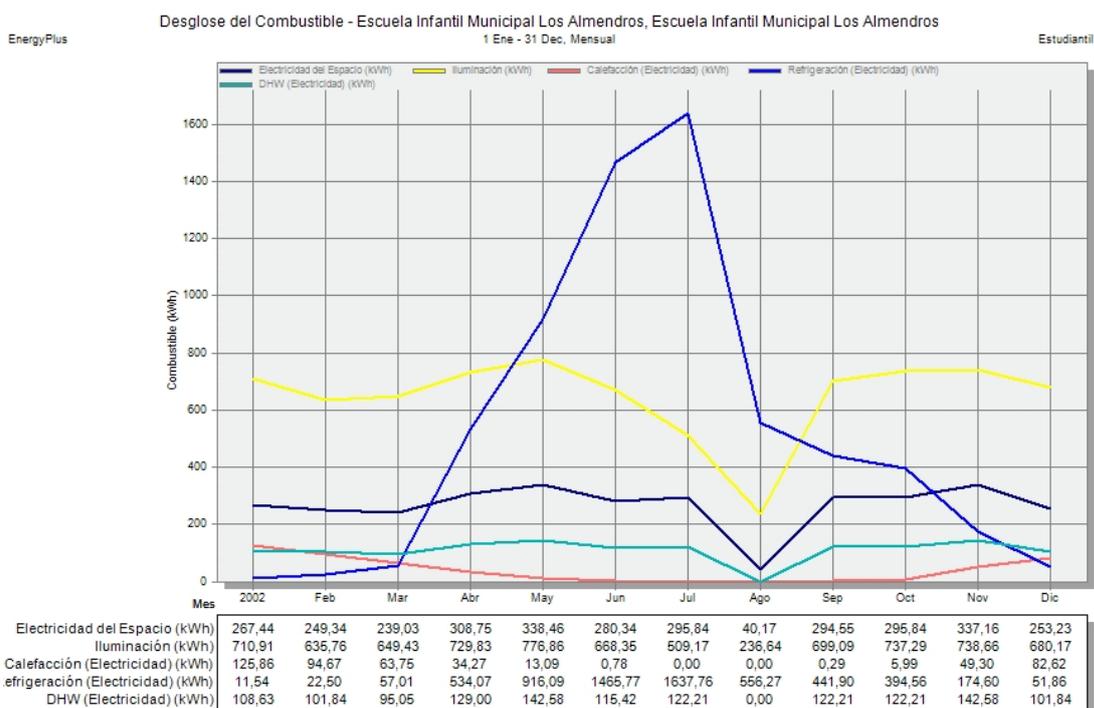


Figura 5.2.26. Distribución de consumos energéticos por usos anual.

Como podemos observar en ésta tabla los consumos energéticos del edificio son los relativos a consumo por iluminación interior con 7.772,18 kWh que supone un 37,97%, consumo por equipos ofimáticos con 3.200,16 kWh que supone un 15,64%, consumo por refrigeración con 7.516,72 kWh que supone un 36,72%, consumo por calefacción con 870,63kWh que supone un 4,25% y consumo por agua caliente sanitaria con 1.108,42 kWh que supone un 5,41% .

Observamos que los consumos más importantes son los debidos a iluminación interior y refrigeración representando éstos un 74,69% del total de energía consumida por el edificio.



Figura 5.2.27. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos.

#### 5.2.10.5.- CONSUMOS POR ÁREA DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla representamos el consumo energético del edificio por metro cuadrado.

Tabla 5.2.17. Intensidad energética.

	<b>Intensidad Electricidad (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Intensidad Refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Intensidad Calefacción (kWh/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Iluminación</b>	24.21	0.00	0.00
<b>Climatizació</b>	0.00	23.42	6.16
<b>Otros</b>	9.97	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>34.18</b>	<b>23.42</b>	<b>6.16</b>

5.2.10.6.- CONSUMO MENSUAL DE ILUMINACIÓN Y EQUIPOS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado producido por la instalación de iluminación interior así como la del resto de equipos eléctricos.

Tabla 5.2.18. Consumo energético mensual de iluminación y equipos.

	<b>CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN [kWh]</b>	<b>CONSUMO ELÉCTRICO EQUIPOS [kWh]</b>
<b>Enero</b>	710.91	267.44
<b>Febrero</b>	635.76	249.34
<b>Marzo</b>	649.43	239.03
<b>Abril</b>	729.83	308.75
<b>Mayo</b>	776.86	338.46
<b>Junio</b>	668.35	280.34
<b>Julio</b>	509.17	295.84
<b>Agosto</b>	236.64	40.17
<b>Septiembre</b>	699.09	294.55
<b>Octubre</b>	737.29	295.84
<b>Noviembre</b>	738.66	337.16
<b>Diciembre</b>	680.17	253.23
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>7772.18</b>	<b>3200.16</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	236.64	40.17
<b>MÁXIMO MES</b>	776.86	338.46

5.2.10.7.- CONSUMO MENSUAL DE REFRIGERACIÓN, CALEFACCIÓN Y ACS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado de las instalaciones de refrigeración y calefacción del edificio.

Tabla 5.2.19. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS.

	CONSUMO ENERGÉTICO REFRIGERACIÓN [kWh]	CONSUMO ENERGÉTICO CALEFACCIÓN Y ACS [kWh]
<b>Enero</b>	13.85	325.18
<b>Febrero</b>	27.00	261.70
<b>Marzo</b>	68.42	198.73
<b>Abril</b>	640.88	173.04
<b>Mayo</b>	1099.31	145.40
<b>Junio</b>	1758.93	99.54
<b>Julio</b>	1965.31	103.88
<b>Agosto</b>	67.52	0.00
<b>Septiembre</b>	530.28	104.41
<b>Octubre</b>	473.47	114.96
<b>Noviembre</b>	209.52	212.40
<b>Diciembre</b>	62.23	239.42
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>7516.72</b>	<b>1978.67</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	13.85	0.00
<b>MÁXIMO MES</b>	1965.31	325.18

5.2.10.8.- PRODUCCIÓN DE CO<sub>2</sub>.

Se obtiene una producción de kg. de CO<sub>2</sub> generados por las instalaciones expresado mensualmente y acumulado al año en la siguiente tabla.

Tabla 5.2.20. Producción mensual de CO<sub>2</sub>.

MES	CONSUMO CO <sub>2</sub> (Kg)
ENERO	838.70
FEBRERO	756.32
MARZO	756.43
ABRIL	1189.10
MAYO	1498.15
JUNIO	1733.51
JULIO	1757.01
AGOSTO	570.66
SEPTIEMBRE	1067.25
OCTUBRE	1065.79
NOVIEMBRE	987.98
DICIEMBRE	801.26
<b>TOTAL</b>	<b>13022.16</b>

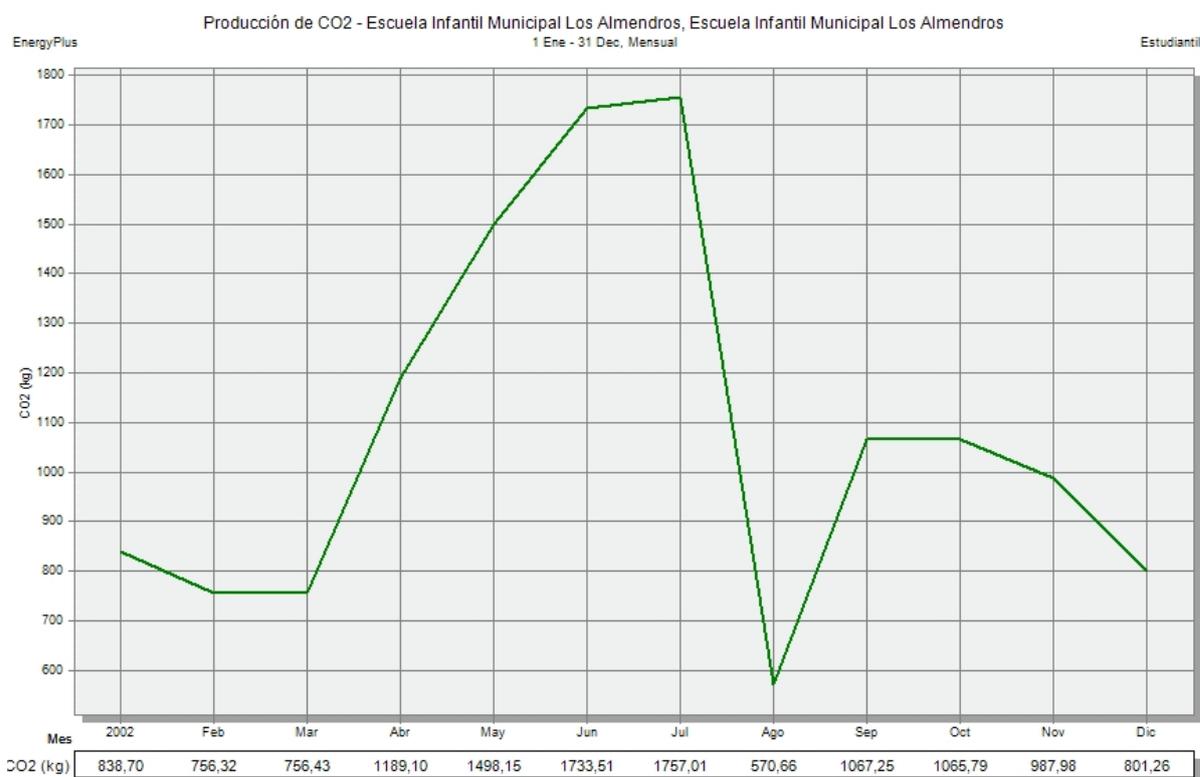


Figura 5.2.28. Distribución de producción de CO<sub>2</sub> anual.

#### 5.2.10.9.- RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS.

En resumen tendremos los siguientes resultados en lo referente a consumo energético expresado en kWh, coste económico consecuencia del consumo energético, e impacto ambiental expresado en kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> en un año natural.

**Consumo energético: 20.467,72 kWh.**

**Coste económico: 3.294,58 € (energía) + 3.857,55 (potencia) = 7.152,13 €.**

**Impacto ambiental: 40,56 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>.**

#### 5.2.11. PROPUESTAS DE MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.

A la vista de los resultados obtenidos está claro que las Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética (MAE) a proponer deben ir encaminadas a disminuir la potencia instalada en iluminación interior así como la demanda de climatización del edificio.

Así a la hora de proponer mejoras habrá que buscar que éstas cumplan una serie de requisitos:

- Aumento de eficiencia energética en los equipos consumidores.
- Disminución de la demanda energética del edificio.
- Soluciones constructivas viables y económicas.

En todas estas medidas tendremos que tener presente las necesidades higiénicas, ambientales y laborales del edificio en función del uso y la actividad que se desarrolla.

#### 5.2.12. MEDIDA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA I.

Se plantea como mejora de las condiciones una medida que afecte directamente al consumo generado por los equipos de iluminación mediante una sustitución de estos por otros que disminuyan la potencia instalada, de manera que se sustituirán los tubos fluorescentes que hay instalados en la actualidad por otros más eficientes de manera que disminuya la densidad de potencia sin afectar a las condiciones necesarias de iluminación.

Pasamos de tubos fluorescentes convencionales del tipo TLD a pantallas con iluminación tipo Led disminuyendo significativamente la potencia instalada, resultando la instalación más eficiente disminuyendo el consumo energético y mejorando las condiciones de iluminación ya que éstas disponen de mayor flujo luminoso.

En la siguiente tabla tenemos la distribución de potencia según la nueva densidad de potencia de iluminación.

*Tabla 5.2.21. Potencia instalada iluminación interior según mejoras propuestas.*

DEPENDENCIA	SUPERFICIE m <sup>2</sup>	DENSIDAD POTENCIA ILUMINACIÓN W/m <sup>2</sup>	POTENCIA TOTAL W
<b>PLANTA BAJA</b>			
Aula 1-2	63,19	5,6	353,86
Aula 3	46,73	4,0	186,92
Aula 4	51,44	5,6	288,06
Aula 5	48,38	5,6	270,93
Cocina	10,65	10,0	106,50
Comedor	9,62	3,0	28,86
Despacho	10,95	5,6	61,32
Aseo A1	11,36	4,0	45,44
Aseo A3	5,06	4,0	20,24
Aseoa A4-5	12,39	4,0	49,56
Almacén	12,40	1,0	12,40
Distribuidor 1	28,38	2,0	56,76
Distribuidor 2	10,45	2,0	20,90
<b>TOTAL</b>	<b>321,00</b>		<b>1.501,76</b>

### 5.2.13. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO MEDIANTE e+ SEGÚN MAES I.

#### 5.2.13.1.- CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA.

Realizada la simulación energética del edificio teniendo en cuenta los cambios introducidos para mejorar sus consumos obtenemos que la demanda total pasa a ser

de 12.705,56 kWh con lo que se ha conseguido disminuir prácticamente un 38% del consumo energético total.

Tabla 5.2.22. Consumo total de energía (MAE I).

	Energía Total (kWh)	Energía por superficie total del edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energía por sup total climatizada edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]
<b>TOTAL</b>	12705.56	39.58	55.17

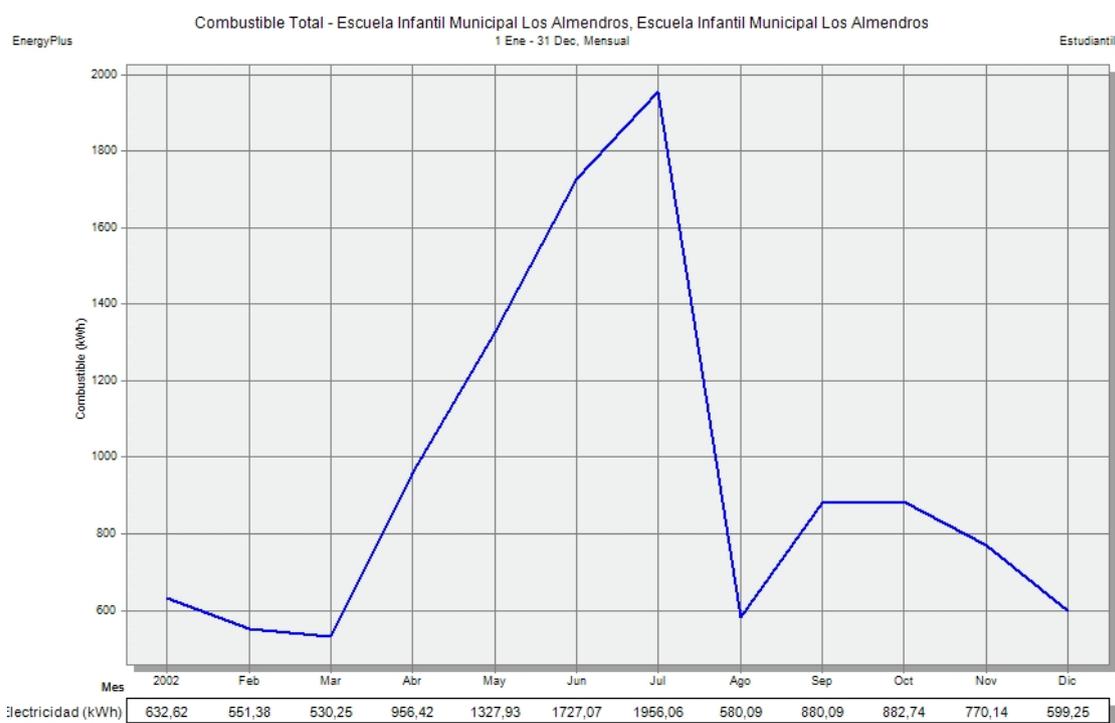


Figura 5.2.29. Distribución de consumo energético anual (MAE I).

### 5.2.13.2.- CONSUMOS POR USOS.

A continuación pasamos a desglosar los distintos consumos según los usos que encontramos en el edificio.

Tabla 5.2.23. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE I).

	Electricidad (kWh)	Refrigeración (kWh)	Calefacción (kWh)	ACS (kWh)
<b>Calefacción</b>	0.00	0.00	957.10	0.00
<b>Refrigeración</b>	0.00	6403.80	0.00	0.00
<b>Iluminación interior</b>	1036.46	0.00	0.00	0.00
<b>Iluminación exterior</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos interiores</b>	3200.16	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos exteriores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Ventiladores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Bombas</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Humidificador</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Recuperador de calor</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Sistemas de agua</b>	0.00	0.00	0.00	1108.0
<b>Generadores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>4236.62</b>	<b>6403.80</b>	<b>957.10</b>	<b>1108.0</b>

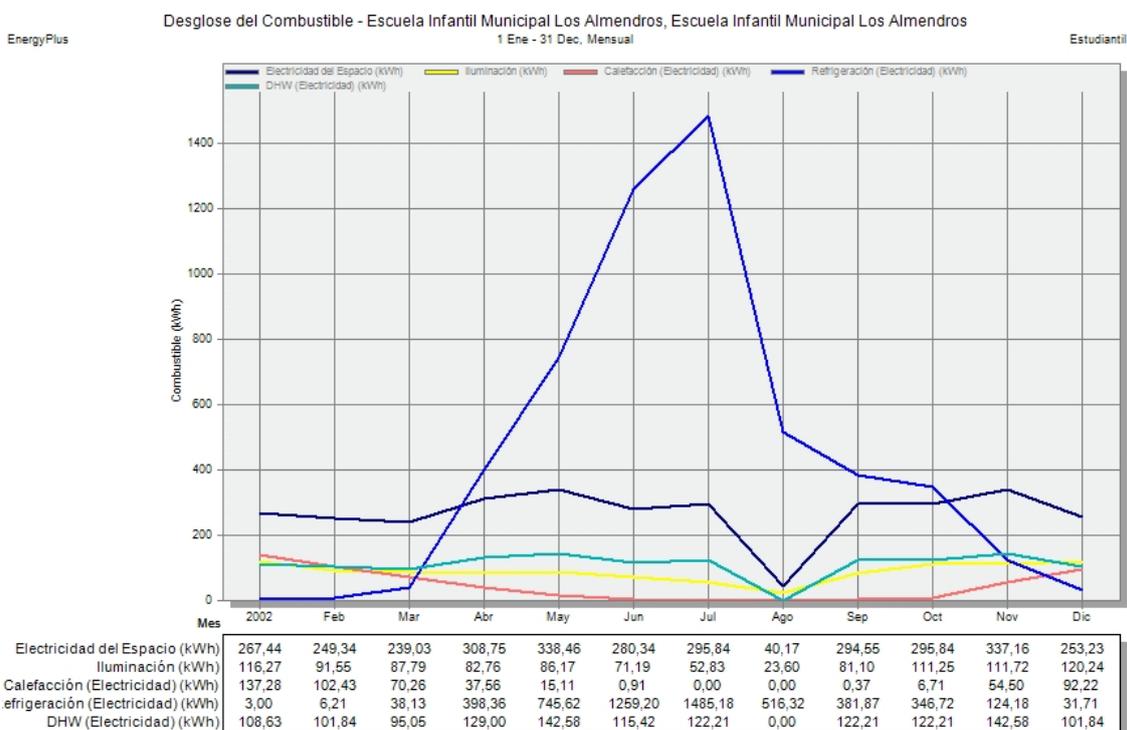


Figura 5.2.30. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE I).

En esta tabla tenemos desglosados los consumos por usos, y podemos ver como en la reducción del 38% de la demanda total energética la reducción principal ha sido la de iluminación disminuyendo ésta en un 87%, resultado esperado ya se actúa directamente sobre la potencia instalada del edificio. Quedando el nuevo reparto de consumos como sigue: Iluminación interior con 1.036,46 kWh que supone un 8,16%, Equipos ofimáticos con 3.200,16 kWh que supone un 25,16%, consumo por refrigeración con 6.403,80 kWh que supone un 50,40%, consumo por calefacción con 957,10 kWh que supone un 7,53% y consumo por agua caliente sanitaria con 1.108,04 kWh que supone un 8,72%.

En el diagrama siguiente observamos como el consumo producido por la iluminación cae incluso por debajo del generado por el agua caliente sanitaria, a través de ésta medida se obtienen resultados de manera rápida ya que la implementación se realiza en breve periodo de tiempo.



Figura 5.2.31. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE I).

5.2.13.3.- CONSUMOS POR ÁREA DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla representamos el consumo energético del edificio por metro cuadrado.

*Tabla 5.2.24. Intensidad energética (MAE I).*

	<b>Intensidad Electricidad (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Intensidad Refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Intensidad Calefacción (kWh/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Iluminación</b>	3.23	0.00	0.00
<b>Climatizació</b>	0.00	19.95	6.43
<b>Otros</b>	9.97	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>13.20</b>	<b>19.95</b>	<b>6.43</b>

5.2.13.4.- CONSUMO MENSUAL DE ILUMINACIÓN Y EQUIPOS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado producido por la instalación de iluminación interior así como la del resto de equipos eléctricos.

Tabla 5.2.25. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE I).

	CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO EQUIPOS [kWh]
Enero	116,27	267,44
Febrero	91,55	249,34
Marzo	87,79	239,03
Abril	82,76	308,75
Mayo	86,17	338,46
Junio	71,19	280,34
Julio	52,83	295,84
Agosto	23,60	40,17
Septiembre	81,10	294,55
Octubre	111,25	295,84
Noviembre	111,72	337,16
Diciembre	120,24	253,23
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>1036,46</b>	<b>3200,16</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	23,60	40,17
<b>MÁXIMO MES</b>	120,24	338,46

5.2.13.5.- CONSUMO MENSUAL DE REFRIGERACIÓN, CALEFACCIÓN Y ACS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado de las instalaciones de refrigeración y calefacción del edificio.

Tabla 5.2.26. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE I).

	CONSUMO ELÉCTRICO REFRIGERACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO CALEFACCIÓN Y ACS [kWh]
Enero	3,60	346,31
Febrero	7,45	276,06
Marzo	45,76	210,77
Abril	478,03	179,13
Mayo	894,74	149,15
Junio	1511,04	99,80
Julio	1782,21	103,88
Agosto	619,58	0,00
Septiembre	458,25	104,56
Octubre	416,07	116,30
Noviembre	149,02	222,02
Diciembre	38,05	257,17
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>6403,80</b>	<b>2065,14</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	3,60	0,00
<b>MÁXIMO MES</b>	1782,21	346,31

5.2.13.6.- PRODUCCIÓN DE CO<sub>2</sub>.

Se obtiene una producción de kg. de CO<sub>2</sub> generados por las instalaciones expresado mensualmente y acumulado al año en la siguiente tabla.

Tabla 5.2.27. Producción mensual de CO<sub>2</sub> (MAEII).

MES	CONSUMO CO <sub>2</sub> (Kg)
ENERO	433,35
FEBRERO	377,69
MARZO	363,22
ABRIL	655,15
MAYO	909,63
JUNIO	1183,04
JULIO	1339,90
AGOSTO	397,36
SEPTIEMBRE	602,86
OCTUBRE	604,67
NOVIEMBRE	5274,55
DICIEMBRE	410,48
<b>TOTAL</b>	<b>12.551,90</b>

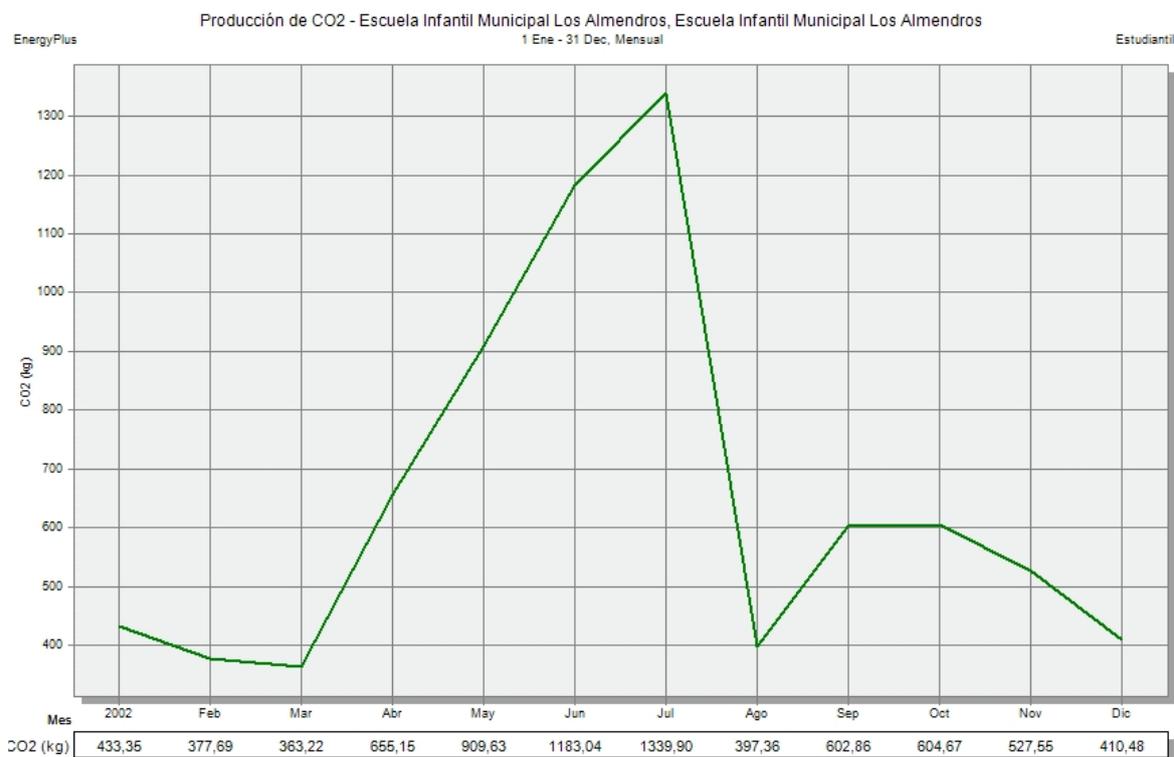


Figura 5.2.32. Distribución de producción de CO<sub>2</sub> anual (MAE II).

#### 5.2.13.7.- RESUMEN DE RESULTADO OBTENIDOS.

En resumen tendremos los siguientes resultados en lo referente a consumo energético expresado en kWh, coste económico consecuencia del consumo energético, e impacto ambiental expresado en kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> en un año natural.

**Consumo energético: 12.705,56 kWh.**

**Coste económico: 2.045,15 € (energía) + 3.857,55 (potencia) = 5.902,70 €.**

**Impacto ambiental: 39,10 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>.**

#### 5.2.14. MEDIDA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA II.

Para reducir el consumo energético del edificio se plantea como mejora una medida que influya directamente en la demanda relativa a la climatización disminuyéndola, para ello instalaremos en las ventanas unas chapas de acero de 1 m. de longitud tanto en la parte superior como en los laterales aumentando las horas de sombra reduciendo de esta forma la radiación solar.

En la siguiente figura vemos como quedaría el edificio aplicándole los elementos anteriormente descritos.

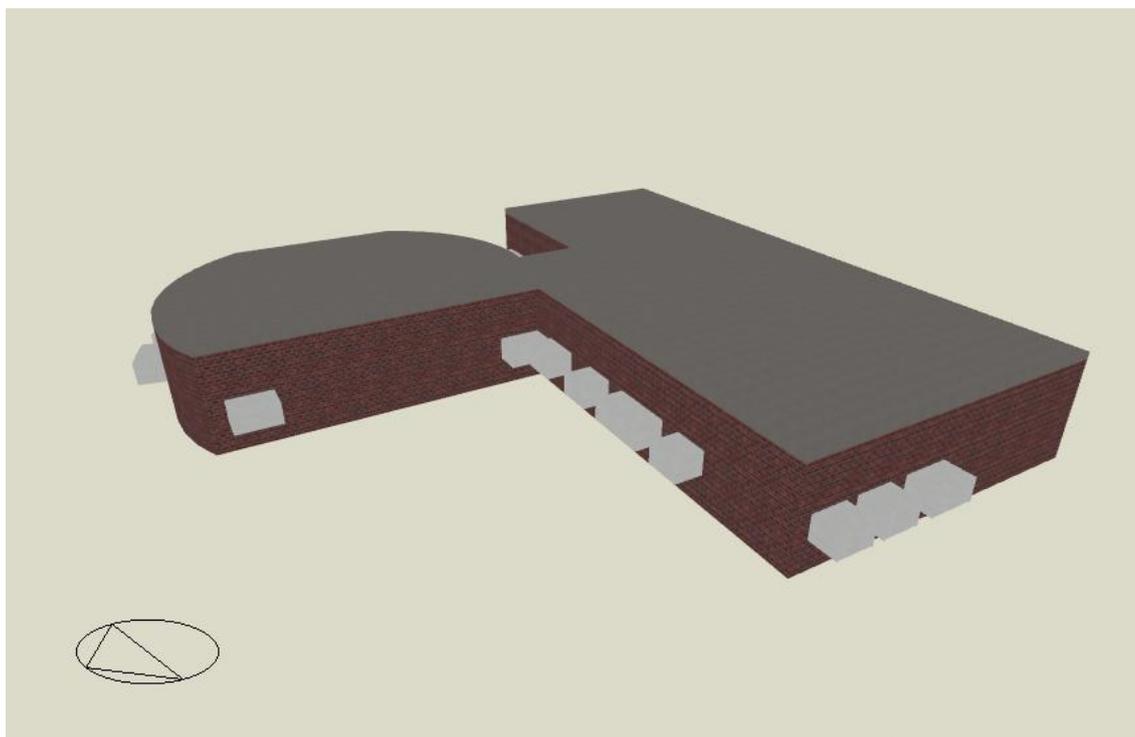


Figura 5.2.33. Alzado fachada posterior con sombreado.

### 5.2.15. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO MEDIANTE e+ SEGÚN MAES II.

#### 5.2.15.1.- CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA.

Realizada la simulación energética del edificio teniendo en cuenta los cambios introducidos para mejorar sus consumos obtenemos que la demanda total pasa a ser de 17.942,95 kWh con lo que se ha conseguido disminuir un 12% del consumo energético.

Tabla 5.2.28. Consumo total de energía (MAE II).

	Energía Total (kWh)	Energía por superficie total del edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energía por sup total climatizada edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]
<b>TOTAL</b>	17942.95	55.90	77.91

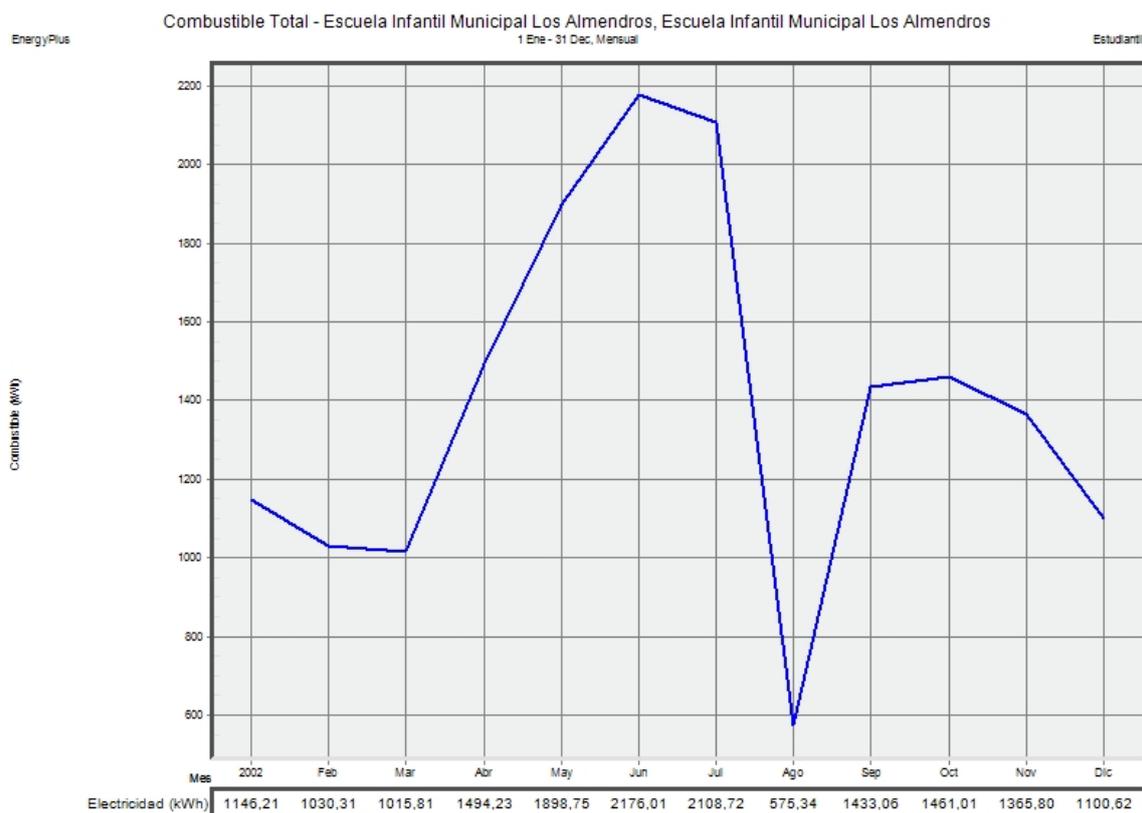


Figura 5.2.34. Distribución de consumo energético anual (MAE II).

#### 5.2.15.2.- CONSUMOS POR USOS.

A continuación pasamos a desglosar los distintos consumos según los usos que encontramos en el edificio.

Tabla 5.2.29. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE II).

	Electricidad (kWh)	Refrigeración (kWh)	Calefacción (kWh)	ACS (kWh)
<b>Calefacción</b>	0.00	0.00	832.03	0.00
<b>Refrigeración</b>	0.00	5664.34	0.00	0.00
<b>Iluminación interior</b>	7140.92	0.00	0.00	0.00
<b>Iluminación exterior</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos interiores</b>	3200.31	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos exteriores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Ventiladores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Bombas</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Humidificador</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Recuperador de calor</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Sistemas de agua</b>	0.00	0.00	0.00	1105.3
<b>Generadores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>10341.23</b>	<b>5664.34</b>	<b>832.03</b>	<b>1105.3</b>

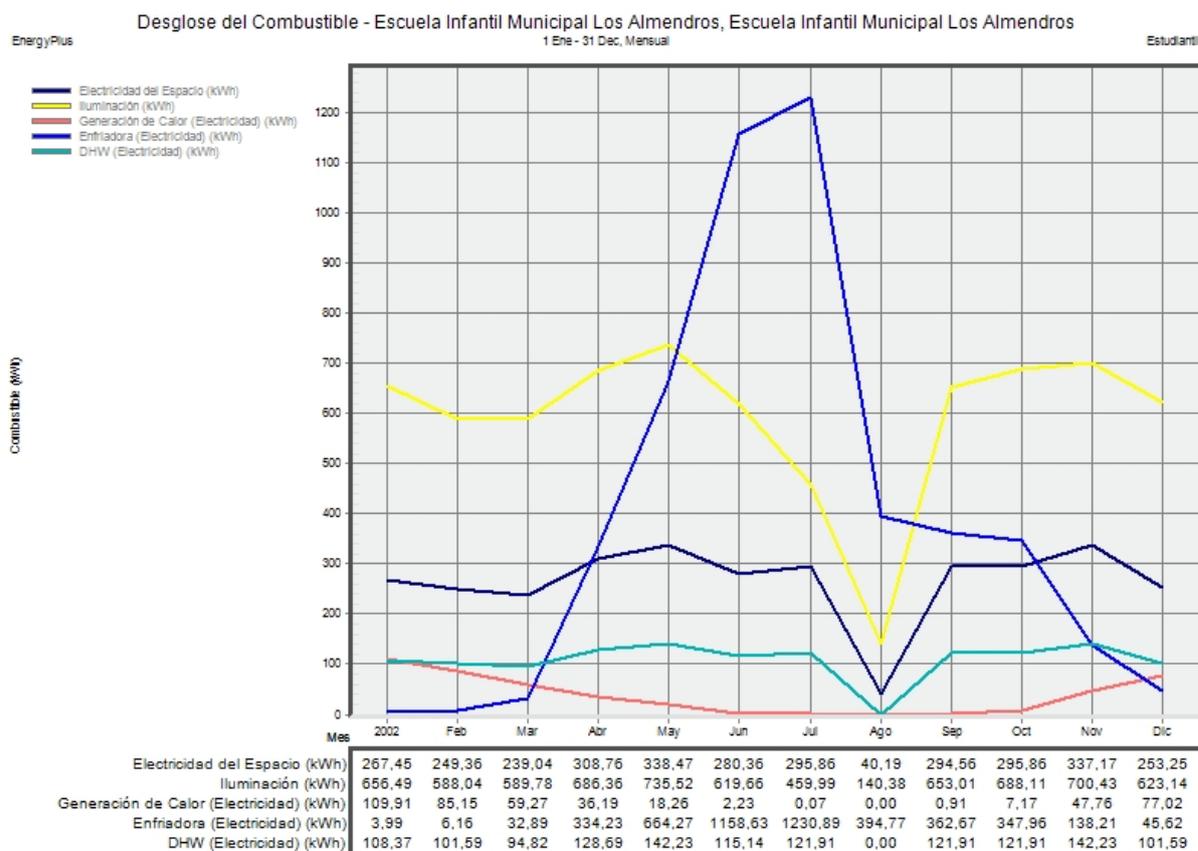


Figura 5.2.35. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE II).

En esta tabla tenemos desglosados los consumos por usos, y podemos ver como en la reducción del 12% de la demanda total energética la reducción principal ha sido la de refrigeración disminuyendo ésta en un 25%, teniendo esta medida especial repercusión en los consumos referentes a climatización en el edificio. Quedando el nuevo reparto de consumos como sigue: Iluminación interior con 7.140,92 kWh que supone un 39,80%, Equipos ofimáticos con 3.200,31 kWh que supone un 17,84%, consumo por refrigeración con 5.664,34 kWh que supone un 31,57%, consumo por calefacción con 832,03 kWh que supone un 4,64% y consumo por agua caliente sanitaria con 1.105,35 kWh que supone un 6,16%. En el siguiente diagrama de barras observamos la distribución de consumos en función de los distintos usos.



Figura 5.2.36. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE II).

### 5.2.15.3.- CONSUMOS POR ÁREA DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla representamos el consumo energético del edificio por metro cuadrado.

Tabla 5.2.30. Intensidad energética (MAE II).

	Intensidad Electricidad (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> )
<b>Iluminación</b>	22.25	0.00	0.00
<b>Climatización</b>	0.00	17.65	6.04
<b>Otros</b>	9.97	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>32.22</b>	<b>17.65</b>	<b>6.04</b>

5.2.15.4.- CONSUMO MENSUAL DE ILUMINACIÓN Y EQUIPOS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado producido por la instalación de iluminación interior así como la del resto de equipos eléctricos.

Tabla 5.2.31. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE II).

	CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO EQUIPOS [kWh]
<b>Enero</b>	656.49	267.45
<b>Febrero</b>	588.04	249.36
<b>Marzo</b>	589.78	239.04
<b>Abril</b>	686.36	308.76
<b>Mayo</b>	735.52	338.47
<b>Junio</b>	619.66	280.36
<b>Julio</b>	459.99	295.86
<b>Agosto</b>	140.38	40.19
<b>Septiembre</b>	653.01	294.56
<b>Octubre</b>	688.11	295.86
<b>Noviembre</b>	700.43	337.17
<b>Diciembre</b>	623.14	253.25
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>7140.92</b>	<b>3200.31</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	140.38	40.19
<b>MÁXIMO MES</b>	735.52	338.47

5.2.15.5.- CONSUMOS POR REFRIGERACIÓN, CALEFACCIÓN Y ACS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado de las instalaciones de refrigeración y calefacción del edificio.

Tabla 5.2.32. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE II).

	CONSUMO ELÉCTRICO REFRIGERACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO CALEFACCIÓN Y ACS [kWh]
Enero	4.78	298.06
Febrero	7.40	246.07
Marzo	39.47	191.91
Abril	401.07	177.00
Mayo	797.12	155.06
Junio	1390.35	102.07
Julio	1477.07	103.76
Agosto	473.73	0.00
Septiembre	435.20	105.34
Octubre	417.55	117.09
Noviembre	165.85	210.38
Diciembre	54.74	230.64
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>5664.34</b>	<b>1937.38</b>
MÍNIMO MES	4.78	0.00
MÁXIMO MES	1477.07	298.06

#### 5.2.15.6.- PRODUCCIÓN DE CO<sub>2</sub>.

Se obtiene una producción de kg. de CO<sub>2</sub> generados por las instalaciones expresado mensualmente y acumulado al año en la siguiente tabla.

Tabla 5.2.33. Producción mensual de CO<sub>2</sub> (MAE II).

MES	CONSUMO CO <sub>2</sub> (Kg)
ENERO	785,15
FEBRERO	705,76
MARZO	695,83
ABRIL	1.023,55
MAYO	1.300,64
JUNIO	1.490,57
JULIO	1.444,48
AGOSTO	394,11
SEPTIEMBRE	981,65
OCTUBRE	1.000,79
NOVIEMBRE	935,57
DICIEMBRE	753,92
<b>TOTAL</b>	<b>11.512,02</b>

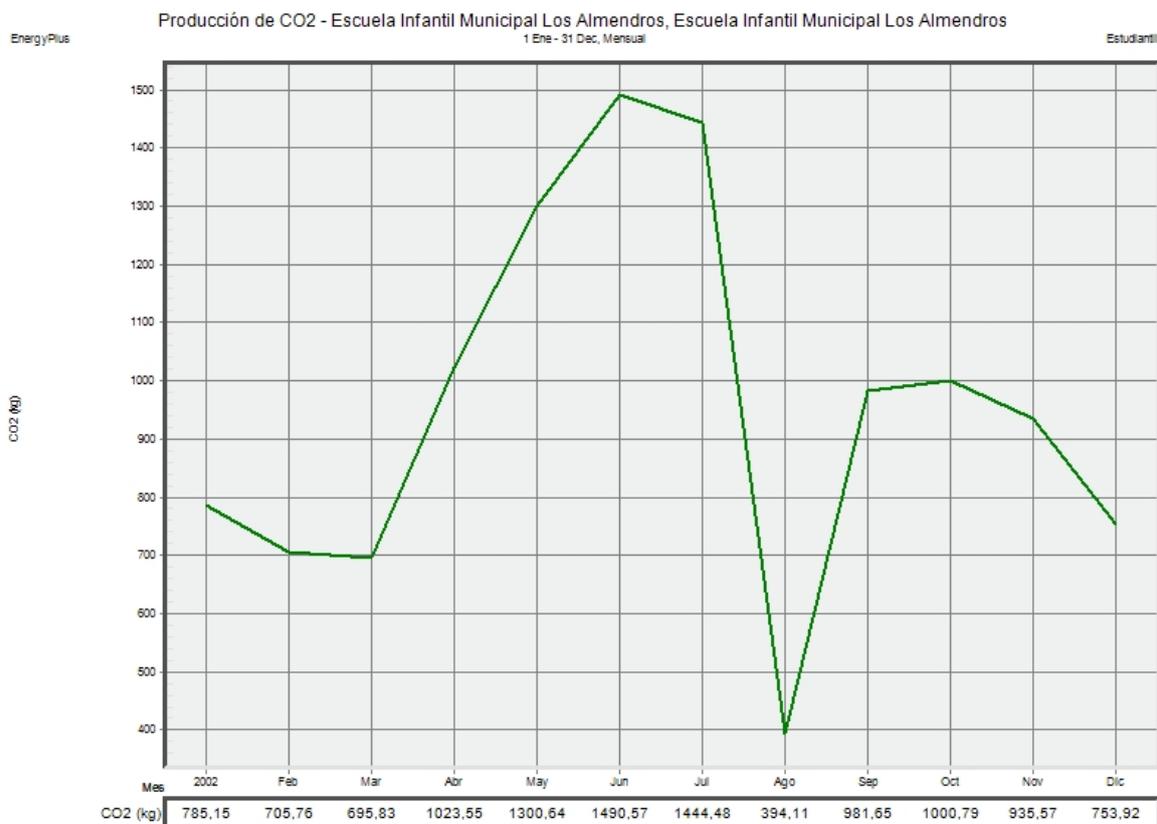


Figura 5.2.37. Distribución de producción de CO<sub>2</sub> anual (MAE II).

#### 5.2.15.7.- RESUMEN DE RESULTADO OBTENIDOS.

En resumen tendremos los siguientes resultados en lo referente a consumo energético expresado en kWh, coste económico consecuencia del consumo energético, e impacto ambiental expresado en kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> en un año natural.

**Consumo energético: 17.942,95 kWh.**

**Coste económico: 2.888,18 € (energía) + 3.857,55 (potencia) = 6.745,73 €.**

**Impacto ambiental: 35,86 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>.**

#### 5.2.16. MEDIDA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA III.

Estudiando la instalación de climatización actual del edificio comprobamos que los niveles de bienestar e higiene consecuencia de la calidad del aire no se han tenido en cuenta en absoluto a la hora del diseño de las instalaciones térmicas, por lo que vemos necesario aplicar una mejora en las condiciones de habitabilidad aunque a priori energéticamente no obtengamos un balance positivo, ya que partimos de una instalación formada por equipos de tipo partido en la cual no se ha montado ningún tipo de instalación de ventilación que garantice una correcta renovación del aire de las dependencias climatizadas.

Por ello para dotar de un sistema que garantice la calidad del aire interior será necesario seguir las indicaciones fijadas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios versión consolidada, que recoge la versión actualizada del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, el cual en su Artículo 11. Bienestar e higiene, indica que las instalaciones térmicas permitirán mantener una calidad del aire interior aceptable, en los locales ocupados por las personas, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los mismos, aportando un caudal suficiente de aire exterior y garantizando la extracción y expulsión del aire viciado.

Así en su Instrucción Técnica IT.1 Diseño y Dimensionamiento, en concreto en su apartado IT 1.1.4.2. Exigencia de calidad interior se indica en función del uso de los edificios la categoría del aire interior, siendo en nuestro caso para el uso guardería IDA 1 (aire de óptima calidad), obteniendo a través de la tabla 1.4.2.1. Caudales de aire

exterior el caudal mínimo del aire exterior de ventilación, obteniendo en nuestro caso la necesidad de 20 dm<sup>3</sup>/s por persona.

Una vez conocidas las necesidades será necesario instalar un sistema de ventilación que nos proporcione la cantidad de aire exterior dimensionada, éste aire deberá ser debidamente tratado mediante un filtrado previo así como térmicamente para conservar las condiciones de climatización. Esto generará un incremento de consumos energéticos, por una parte en menor medida el consumo propio de los equipos de ventilación y por otra bastante más importante la necesidad de darle al aire que introducimos directamente de la calle el salto térmico necesario para mantener las condiciones del edificio.

Para evitar que la ventilación suponga un aumento excesivo en el consumo del edificio se instalará un sistema con recuperación de calor y un sistema de ventilación controlada de forma que se optimice el funcionamiento en relación a la ocupación, así tendremos que la curva de funcionamiento diaria de los equipos de ventilación será la que se describe en la siguiente figura.

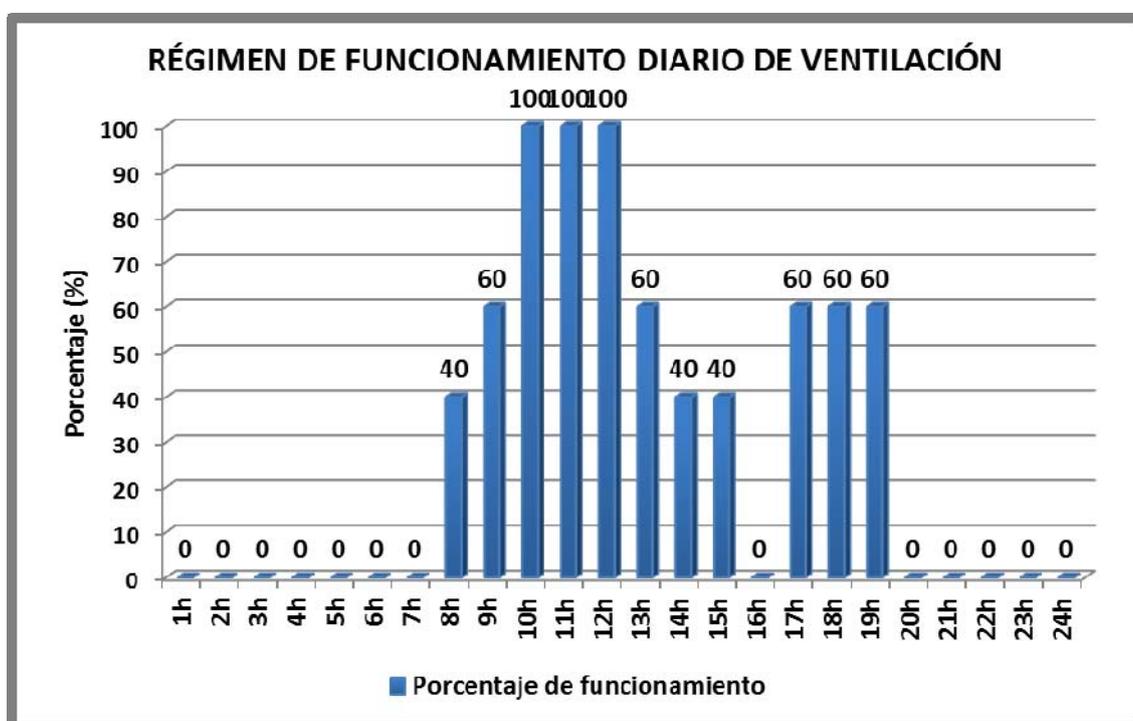


Figura 5.2.38. Régimen de funcionamiento diario de ventilación (MAE III).

Por otra parte para contrarrestar el aumento de consumo energético consecuencia de la implantación de un sistema de ventilación hemos cambiado los equipos de climatización actuales por otros con un COP mayor, en concreto marca DAIKIN modelo FTX25-JV con un valor de 3,5 según catálogo, no habiendo desarrollado los resultados obtenidos con esta modificación por no producirse prácticamente mejora en los consumos energéticos.

### **5.2.17. SITUACIÓN DE CONFORT TÉRMICO**

Los requerimientos para el confort térmico indican que se deben cumplir dos condiciones. La primera es que la combinación de temperatura de piel y temperaturas del núcleo del cuerpo proporcione una sensación térmica neutra. La segunda es el equilibrio del balance de energía del cuerpo: El calor producido por el metabolismo debería ser igual a la cantidad de calor disipada por el cuerpo.

En resumen, se definen tres condiciones para que una persona se encuentre en situación de confort térmico:

- Que se cumpla el equilibrio térmico.
- Que la tasa de sudoración esté dentro de los límites de confort.
- Que la temperatura media de la piel esté dentro de los límites de confort.

Mediante los parámetros descritos anteriormente se llega a la ecuación del confort que establece la relación que debe cumplirse entre tres tipos de variables:

- Características del vestido: aislamiento y área total del mismo.
- Características del tipo de trabajo: carga térmica metabólica y velocidad del aire.
- Características del ambiente: temperatura seca, temperatura radiante media, presión parcial del vapor de agua en el aire y velocidad del aire.

Así para comprobar la situación de confort térmico emplearemos el índice PMV (Previsión Media de Voto) que es el promedio de las calificaciones obtenidas en función de una escala numérica de sensaciones que va desde frío hasta muy caluroso, y el índice PPD (Porcentaje Previsible de Disconfort) que indica el número de personas disconformes con la sensación térmica. Aunque el índice PMV cuantifica el grado de confort su utilidad sería reducida si no fuera posible correlacionar sus valores con el

porcentaje de personas que para cada valor del índice expresan su conformidad o disconformidad con el ambiente.

Introducida la instalación de ventilación en el edificio para mejorar las condiciones ambientales pasamos a comprobar como afectarían a la condiciones de confort térmico, para lo cual comprobaremos los índice PMV y PPD en alguna de las dependencias más representativas como pueden ser las aulas, obteniendo la siguiente gráfica donde comprobamos que tendríamos unos niveles óptimos.

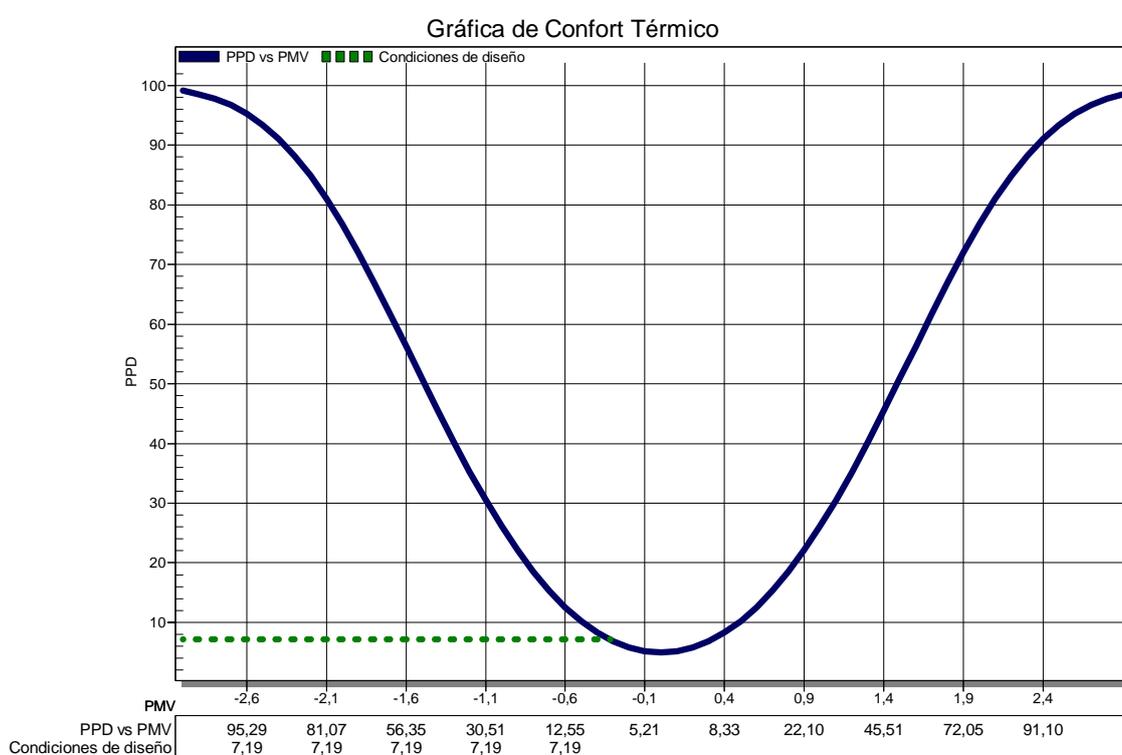


Figura 5.2.39. Gráfica de confort térmico en aula (MAE III).

### 5.2.18. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO MEDIANTE e+ SEGÚN MAE III.

#### 5.2.18.1.- CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA.

Realizada la simulación energética del edificio teniendo en cuenta los cambios introducidos obtenemos que la demanda total pasa a ser de 25.601,99 kWh con lo que se genera un aumento del consumo energético de un 25%.

Tabla 5.2.34. Consumo total de energía (MAE III).

	Energía Total (kWh)	Energía por superficie total del edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energía por sup total climatizada edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]
<b>TOTAL</b>	25.601,99	79,75	111,16

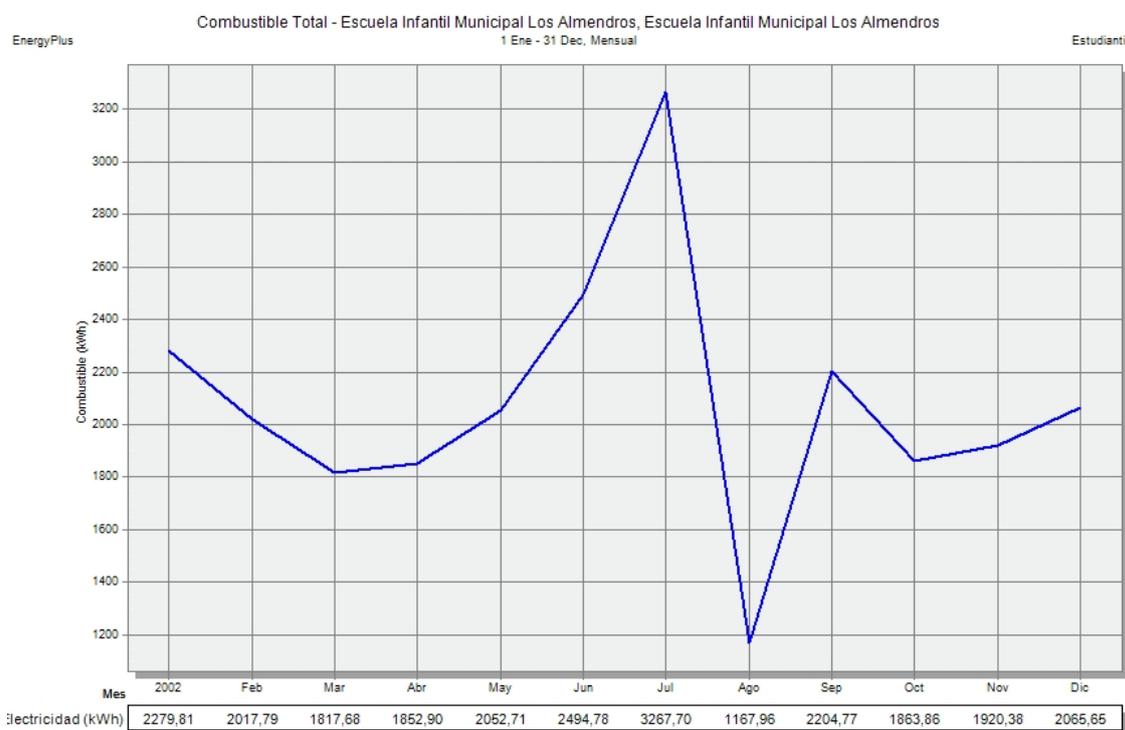


Figura 5.2.40. Distribución de consumo energético anual (MAE III).

### 5.2.18.2.- CONSUMOS POR USOS.

A continuación pasamos a desglosar los distintos consumos según los usos que encontramos en el edificio.

Tabla 5.2.35. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE III).

	Electricidad (kWh)	Refrigeración (kWh)	Calefacción (kWh)	ACS (kWh)
<b>Calefacción</b>	0.00	0.00	5666.01	0.00
<b>Refrigeración</b>	0.00	7798.01	0.00	0.00
<b>Iluminación interior</b>	7772.18	0.00	0.00	0.00
<b>Iluminación exterior</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos interiores</b>	3256.87	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos exteriores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Ventiladores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Bombas</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Humidificador</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Recuperador de calor</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Sistemas de agua</b>	0.00	0.00	0.00	1108.04
<b>Generadores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>11029.04</b>	<b>7798.01</b>	<b>5666.01</b>	<b>1108.04</b>

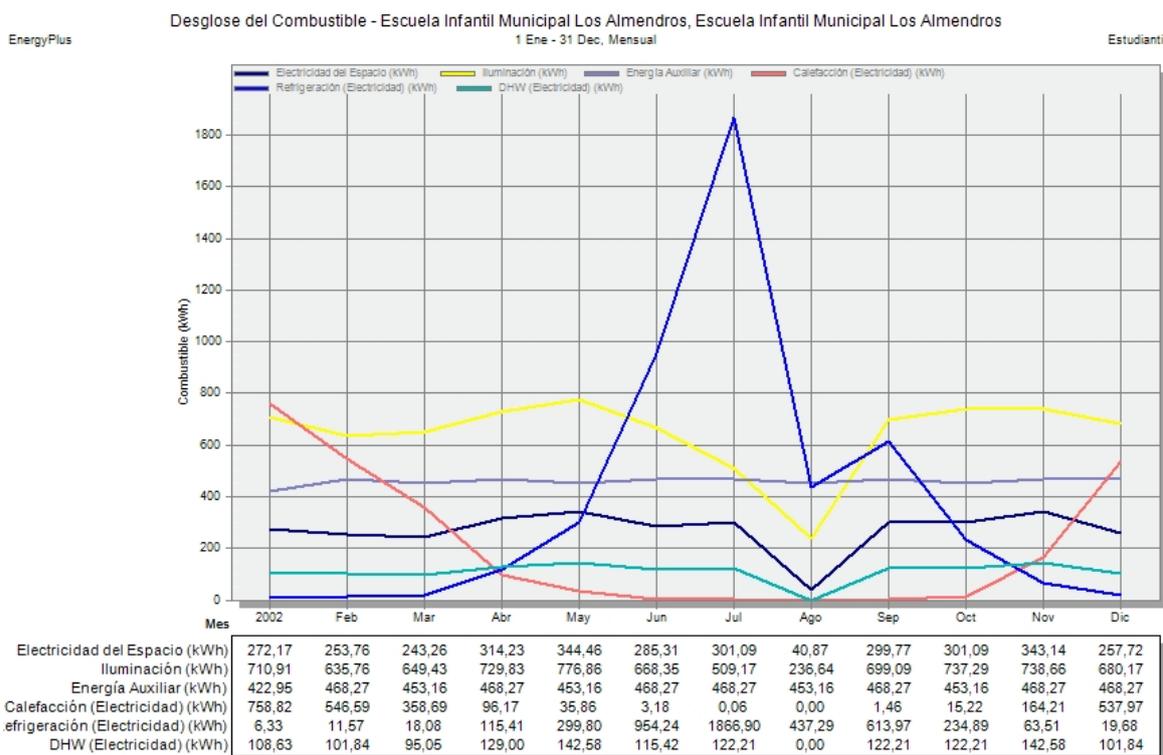


Figura 5.2.41. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE III).

En esta tabla tenemos desglosados los consumos por usos, y podemos ver como se produce un aumento del 25% de la demanda total energética en el edificio, éste aumento es debido principalmente al aumento de necesidades en calefacción y refrigeración consecuencia de las renovaciones de aire, así tenemos que la calefacción aumenta significativamente. Quedando el nuevo reparto de consumos como sigue: Iluminación interior con 7.772,16 kWh que supone un 30,36%, Equipos con 3.256,87 kWh que supone un 12,72%, consumo por refrigeración con 7.798,01 kWh que supone un 30,46%, consumo por calefacción con 6.666,01 kWh que supone un 22,13% y consumo por agua caliente sanitaria con 1.108,04 kWh que supone un 4,33%.



Figura 5.2.42. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE III).

### 5.2.18.3.- CONSUMOS POR ÁREA DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla representamos el consumo energético del edificio por metro cuadrado.

Tabla 5.2.36. Intensidad energética (MAE III).

	Intensidad Electricidad (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> )
Iluminación	24.21	0.00	0.00
Climatización	0.00	24.29	21.10
Otros	10.15	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>34.36</b>	<b>24.29</b>	<b>21.10</b>

5.2.18.4.- CONSUMO MENSUAL DE ILUMINACIÓN Y EQUIPOS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado producido por la instalación de iluminación interior así como la del resto de equipos eléctricos.

Tabla 5.2.37. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE III).

	CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO EQUIPOS [kWh]
<b>Enero</b>	710,91	272,17
<b>Febrero</b>	635,76	256,76
<b>Marzo</b>	649,43	243,26
<b>Abril</b>	729,83	314,23
<b>Mayo</b>	776,86	344,46
<b>Junio</b>	668,35	285,31
<b>Julio</b>	509,17	301,09
<b>Agosto</b>	236,64	40,87
<b>Septiembre</b>	699,09	299,77
<b>Octubre</b>	737,29	301,09
<b>Noviembre</b>	738,66	343,14
<b>Diciembre</b>	680,17	257,72
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>7772,18</b>	<b>3256,87</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	236,64	40,87
<b>MÁXIMO MES</b>	776,86	344,46

5.2.18.5.- CONSUMO MENSUAL DE REFRIGERACIÓN, CALEFACCIÓN Y ACS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado de las instalaciones de refrigeración y calefacción del edificio.

Tabla 5.2.38. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE III).

	CONSUMO ELÉCTRICO REFRIGERACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO CALEFACCIÓN Y ACS [kWh]
Enero	10,63	1799,67
Febrero	19,44	1316,38
Marzo	30,37	887,85
Abril	193,89	326,02
Mayo	503,66	201,87
Junio	1603,13	105,26
Julio	3136,39	104,02
Agosto	734,64	0,00
Septiembre	1031,47	107,16
Octubre	394,62	138,13
Noviembre	106,70	490,67
Diciembre	33,06	1297,00
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>7798,01</b>	<b>6774,04</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	10,63	0,00
<b>MÁXIMO MES</b>	3136,39	1799,67

#### 5.2.18.6.- PRODUCCIÓN DE CO<sub>2</sub>.

Se obtiene una producción de kg. de CO<sub>2</sub> generados por las instalaciones expresado mensualmente y acumulado al año en la siguiente tabla.

Tabla 5.2.39. Producción mensual de CO<sub>2</sub> (MAE III).

MES	CONSUMO CO <sub>2</sub> (Kg)
ENERO	1.561,67
FEBRERO	1.382,18
MARZO	1.245,11
ABRIL	1.269,23
MAYO	1.406,11
JUNIO	1.708,92
JULIO	2.238,38
AGOSTO	800,05
SEPTIEMBRE	1.510,27
OCTUBRE	1.276,75
NOVIEMBRE	1.315,46
DICIEMBRE	1.414,97
<b>TOTAL</b>	<b>17.129,10</b>

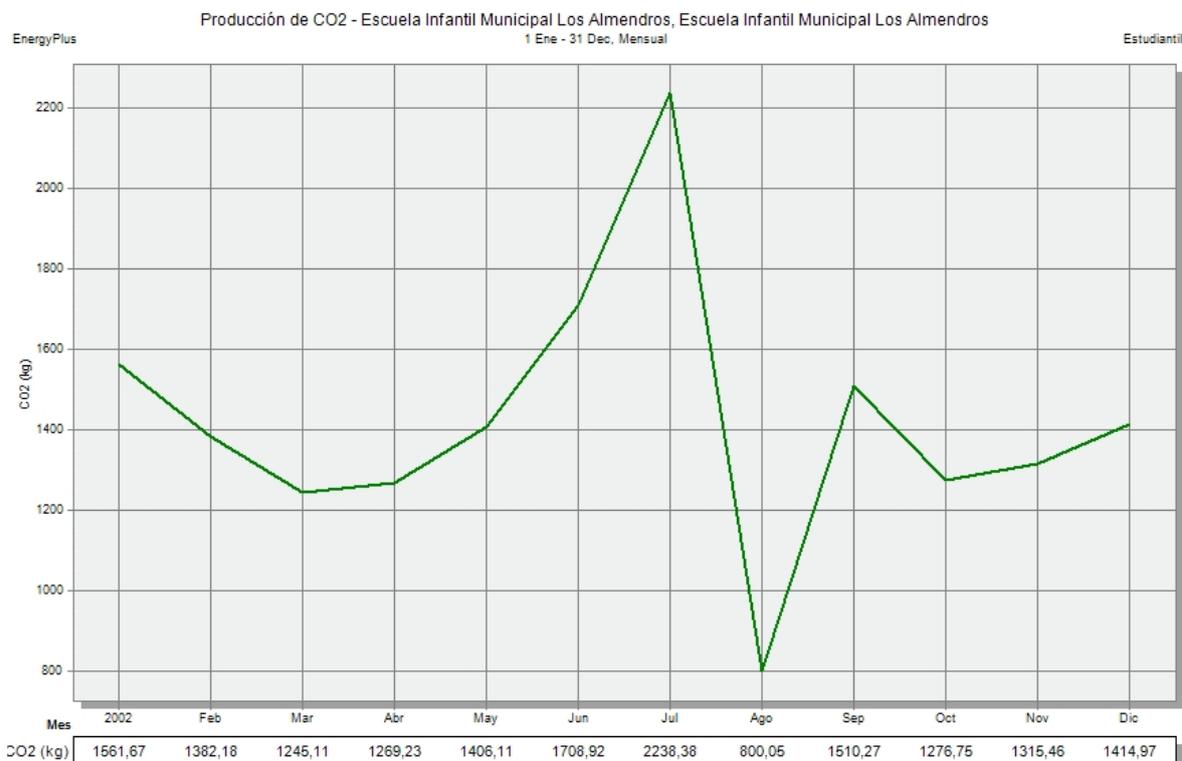


Figura 5.2.43. Distribución de producción de CO<sub>2</sub> anual (MAE III).

#### 5.2.18.7.- RESUMEN DE RESULTADO OBTENIDOS.

En resumen tendremos los siguientes resultados en lo referente a consumo energético expresado en kWh, coste económico consecuencia del consumo energético, e impacto ambiental expresado en kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> en un año natural.

**Consumo energético: 25.601,09 kWh.**

**Coste económico: 4.120,88 € (energía) + 3.857,55 (potencia) = 7.978,43 €.**

**Impacto ambiental: 53,36 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>.**

#### 5.2.19. DISTRIBUCIÓN DE MEJORAS APLICADAS.

Partiendo del edificio modelo una vez realizada su simulación energética obtenemos resultados muy cercanos a los consumos reales según datos obtenidos de facturación, estudiando donde se generan los mayores consumos en función de los distintos sistemas con los que consta el edificio decidimos aplicar una serie de actuaciones para mejorar la eficiencia energética y conseguir ahorros. En concreto la primera de las mejoras a llevar a cabo la realizamos actuando directamente sobre la potencia instalada de la iluminación interior ya que el edificio contaba con una instalación obsoleta con escaso mantenimiento llevando a cabo una sustitución de las luminarias existentes por otras con tecnología led. Otros de los factores a tener en cuenta es el consumo debido a la climatización del edificio para disminuirlo instalamos en las ventanas unas chapas de acero de 1 m. de longitud tanto en la parte superior como en los laterales aumentando las horas de sombra reduciendo de esta forma la radiación solar. Por último al observar la instalación de climatización se observa que no dispone el edificio de sistema de renovación de aire, siendo ésta una necesidad principalmente en edificios como el que estamos estudiando ocupado por niños, por lo que llevamos a cabo una actuación dotando de la calidad de aire necesaria según nos indica la reglamentación que lo afecta con la consiguiente disminución en la eficiencia energética.

Todas estas actuaciones llevadas a cabo se realizan teniendo en cuenta que el uso del edificio así como sus condiciones de habitabilidad, bienestar y las condiciones laborales.

Una vez obtenidos los resultados de las simulaciones energéticas del edificio en todas estas situaciones procedemos a realizar un estudio de las consecuencias de éstas así como cual sería el resultado en el caso de agrupar las mejoras indicadas para conseguir el edificio más eficiente energéticamente y el edificio con calidad ambiental y mayor eficiencia energética.

#### 5.2.20. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO MEDIANTE e+ SEGÚN MAE I + MAE II.

Así en primer caso sobre el edificio modelo le aplicaremos las medidas de ahorro y eficiencia energética que afectan directamente a la iluminación interior y la disminución de radiación solar (MAE I + MAE II) obteniendo los siguientes resultados:

##### 5.2.20.1.- CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA.

Realizada la simulación energética del edificio teniendo en cuenta los cambios introducidos para mejorar sus consumos obtenemos que la demanda total pasa a ser de 13.882,89 kWh con lo que se ha conseguido disminuir un 32% el consumo energético.

*Tabla 5.2.40. Consumo total de energía (MAE I + MAE II).*

	Energía Total (kWh)	Energía por superficie total del edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energía por sup total climatizada edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]
<b>TOTAL</b>	13.882,89	43,25	60,28

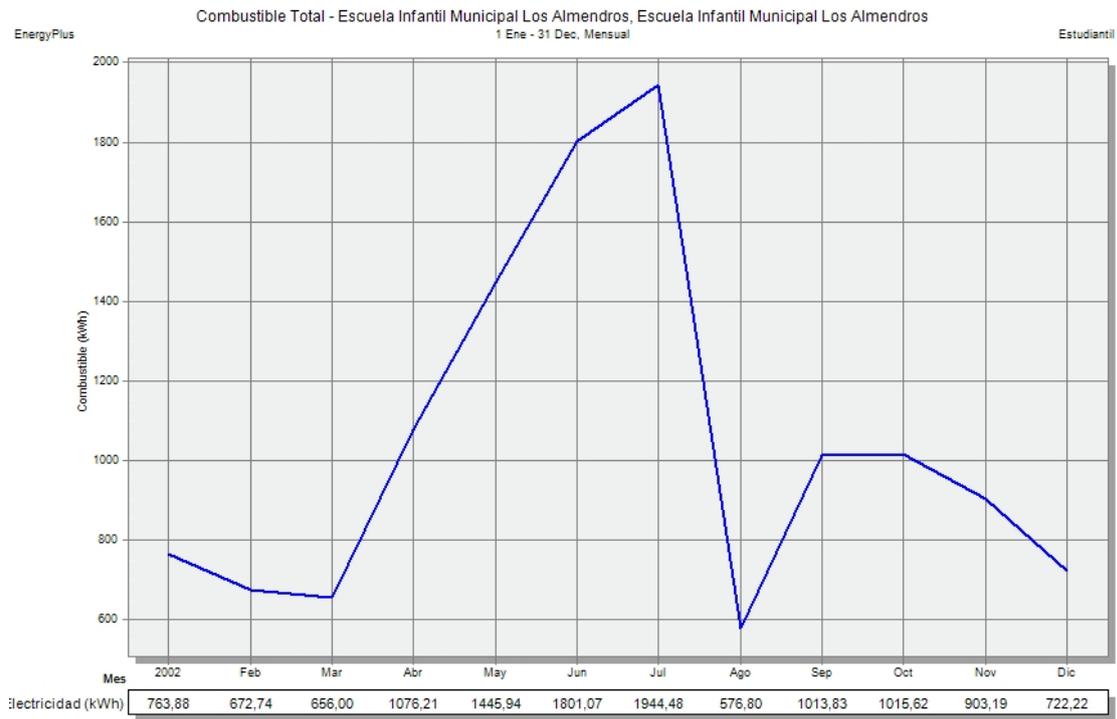


Figura 5.2.44. Distribución de consumo energético anual (MAE I+ MAE II).

#### 5.2.20.2.- CONSUMOS POR USOS.

A continuación pasamos a desglosar los distintos consumos según los usos que encontramos en el edificio.

Tabla 5.2.41. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II).

	<b>Electricidad (kWh)</b>	<b>Refrigeración (kWh)</b>	<b>Calefacción (kWh)</b>	<b>ACS (kWh)</b>
<b>Calefacción</b>	0.00	0.00	1047.28	0.00
<b>Refrigeración</b>	0.00	6031.52	0.00	0.00
<b>Iluminación interior</b>	2495.89	0.00	0.00	0.00
<b>Iluminación exterior</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos interiores</b>	3200.16	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos exteriores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Ventiladores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Bombas</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Humidificador</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Recuperador de calor</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Sistemas de agua</b>	0.00	0.00	0.00	1108.0
<b>Generadores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>5696.05</b>	<b>6031.52</b>	<b>1047.28</b>	<b>1108.0</b>

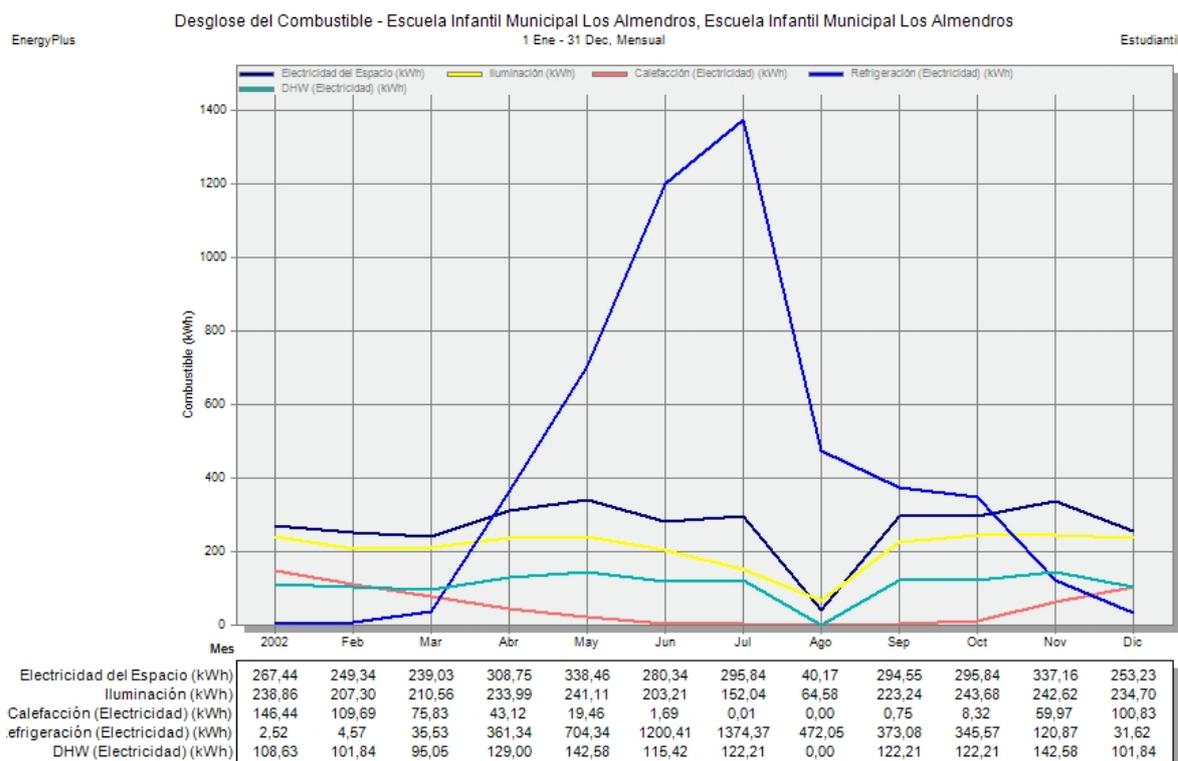


Figura 5.2.45. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE I + MAE II).

En esta tabla tenemos desglosados los consumos por usos, y podemos ver como en la reducción del 32% de la demanda total energética, la reducción principal ha sido la de iluminación, resultado esperado ya se actúa directamente sobre la potencia instalada del edificio, también se produce un pequeño ahorro en la demanda térmica influyendo directamente en el consumo de refrigeración. Quedando el nuevo reparto de consumos como sigue: Iluminación interior con 2.495,89 kWh que supone un 17,98%, Equipos ofimáticos con 3.200,16 kWh que supone un 23,05%, consumo por refrigeración con 6.031,52 kWh que supone un 43,45%, consumo por calefacción con 1.047,28 kWh que supone un 7,54% y consumo por agua caliente sanitaria con 1.108,04 kWh que supone un 7,98%.

En el diagrama siguiente observamos como el consumo producido por la iluminación disminuye bastante en relación con los del resto del edificio.



Figura 5.2.46. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II).

### 5.2.20.3.- CONSUMOS POR ÁREA DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla representamos el consumo energético del edificio por metro cuadrado.

Tabla 5.2.42. Intensidad energética (MAE I + MAE II).

	Intensidad Electricidad (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> )
Iluminación	7.78	0.00	0.00
Climatización	0.00	18.79	6.71
Otros	9.97	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>17.74</b>	<b>18.79</b>	<b>6.71</b>

5.2.20.4.- CONSUMO MENSUAL DE ILUMINACIÓN Y EQUIPOS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado producido por la instalación de iluminación interior así como la del resto de equipos eléctricos.

Tabla 5.2.43. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE I + MAE II).

	CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO EQUIPOS [kWh]
<b>Enero</b>	238.86	267.44
<b>Febrero</b>	207.30	249.34
<b>Marzo</b>	210.56	239.03
<b>Abril</b>	233.99	308.75
<b>Mayo</b>	241.11	338.46
<b>Junio</b>	203.21	280.34
<b>Julio</b>	152.04	295.84
<b>Agosto</b>	64.58	40.17
<b>Septiembre</b>	223.24	294.55
<b>Octubre</b>	243.68	295.84
<b>Noviembre</b>	242.62	337.16
<b>Diciembre</b>	234.70	253.23
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>2495.89</b>	<b>3200.16</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	64.58	40.17
<b>MÁXIMO MES</b>	243.68	338.46

5.2.20.5.- CONSUMO MENSUAL DE REFRIGERACIÓN, CALEFACCIÓN Y ACS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado de las instalaciones de refrigeración y calefacción del edificio.

Tabla 5.2.44. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE I + MAE II).

	CONSUMO ELÉCTRICO REFRIGERACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO CALEFACCIÓN Y ACS [kWh]
Enero	3.03	363.25
Febrero	5.49	289.48
Marzo	42.63	221.07
Abril	433.61	189.42
Mayo	845.21	157.19
Junio	1440.49	101.23
Julio	1649.24	103.89
Agosto	566.46	0.00
Septiembre	447.70	105.27
Octubre	414.68	119.27
Noviembre	145.04	232.13
Diciembre	37.94	273.10
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>6031.52</b>	<b>2155.31</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	3.03	0.00
<b>MÁXIMO MES</b>	1649.24	363.25

#### 5.2.20.6.- PRODUCCIÓN DE CO<sub>2</sub>.

Se obtiene una producción de kg. de CO<sub>2</sub> generados por las instalaciones expresado mensualmente y acumulado al año en la siguiente tabla.

Tabla 5.2.45. Producción mensual de CO<sub>2</sub> (MAE I + MAE II).

MES	CONSUMO CO <sub>2</sub> (Kg)
ENERO	526.26
FEBRERO	460.83
MARZO	449.36
ABRIL	737.20
MAYO	990.47
JUNIO	1233.73
JULIO	1331.97
AGOSTO	395.11
SEPTIEMBRE	694.47
OCTUBRE	695.70
NOVIEMBRE	618.69
DICIEMBRE	494.72
<b>TOTAL</b>	<b>8625.51</b>

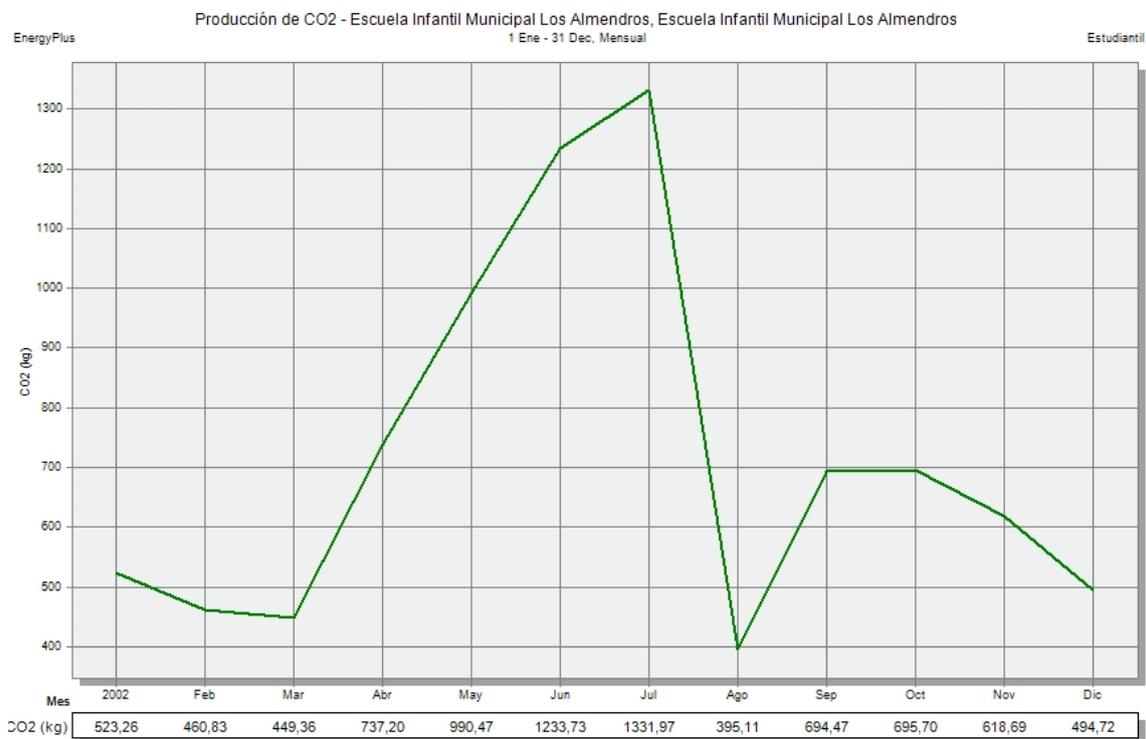


Figura 5.2.47. Distribución de producción de CO<sub>2</sub> anual (MAE I + MAE II).

5.2.20.7.- RESUMEN DE RESULTADO OBTENIDOS.

En resumen tendremos los siguientes resultados en lo referente a consumo energético expresado en kWh, coste económico consecuencia del consumo energético, e impacto ambiental expresado en kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> en un año natural.

**Consumo energético: 13.882,89 kWh.**

**Coste económico: 2.234,66 € (energía) + 3.857,55 (potencia) = 6.092,21 €.**

**Impacto ambiental: 26,87 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>.**

**5.2.21. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO MEDIANTE e+ SEGÚN MAE I + MAE II + MAE III.**

Pasamos ahora a aplicar al mismo tiempo todas las mejoras propuestas al edificio para ver como quedarían los consumos energéticos, obteniendo los resultados que siguen.

5.2.20.1.- CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA.

Realizada la simulación energética del edificio teniendo en cuenta los cambios introducidos para mejorar sus consumos obtenemos que la demanda total pasa a ser de 20.473,40 kWh con lo que prácticamente no se produce variación en el consumo energético.

*Tabla 5.2.46. Consumo total de energía (MAE I + MAE II + MAE III).*

	<b>Energía Total (kWh)</b>	<b>Energía por superficie total del edificio [kWh/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Energía por superficie total climatizada del edificio [kWh/m<sup>2</sup>]</b>
<b>TOTAL</b>	20.473,40	63,78	88,90

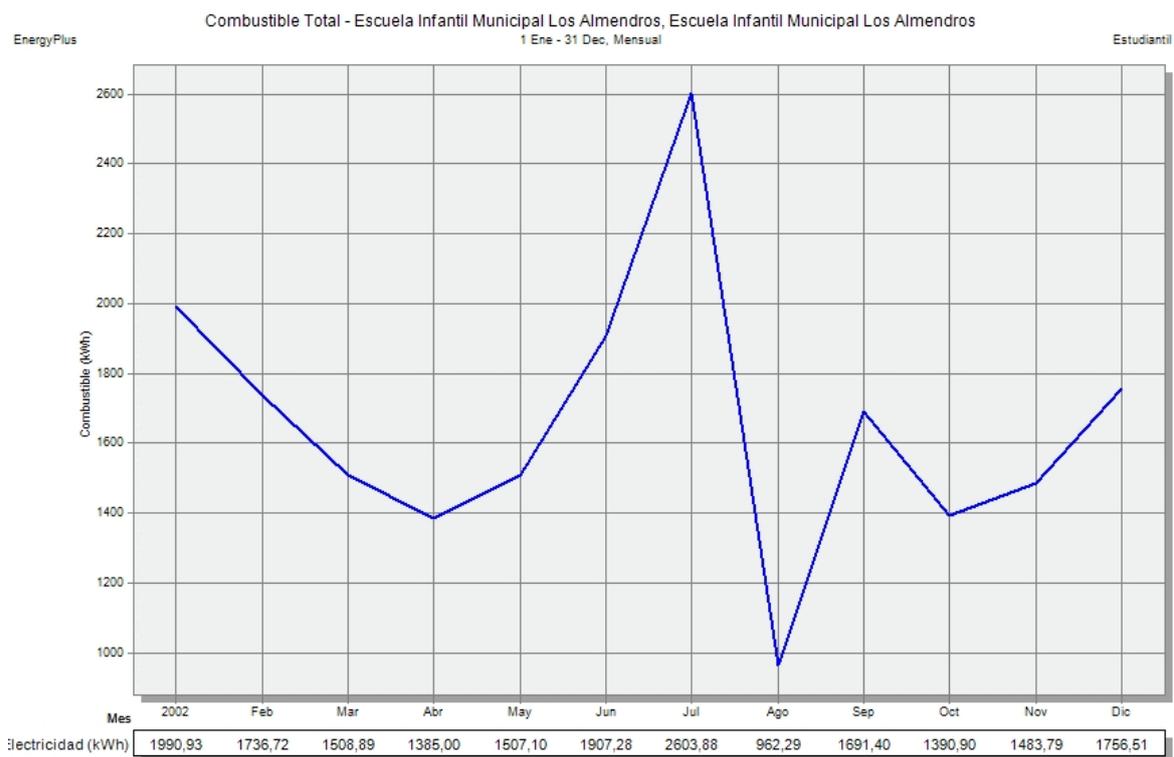


Figura 5.2.48. Distribución de consumo energético anual (MAE I + MAE II + MAE III).

### 5.2.21.2.- CONSUMOS POR USOS.

A continuación pasamos a desglosar los distintos consumos según los usos que encontramos en el edificio.

Tabla 5.2.47. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II + MAE III).

	Electricidad (kWh)	Refrigeración (kWh)	Calefacción (kWh)	ACS (kWh)
Calefacción	0.00	0.00	6663.48	0.00
Refrigeración	0.00	6314.28	0.00	0.00
Iluminación interior	3130.73	0.00	0.00	0.00
Iluminación exterior	0.00	0.00	0.00	0.00
Equipos interiores	3256.87	0.00	0.00	0.00
Equipos exteriores	0.00	0.00	0.00	0.00
Ventiladores	0.00	0.00	0.00	0.00
Bombas	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidificador	0.00	0.00	0.00	0.00
Recuperador de calor	0.00	0.00	0.00	0.00
Sistemas de agua	0.00	0.00	0.00	1108.04
Generadores	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>6387.60</b>	<b>6314.28</b>	<b>6663.48</b>	<b>1108.04</b>

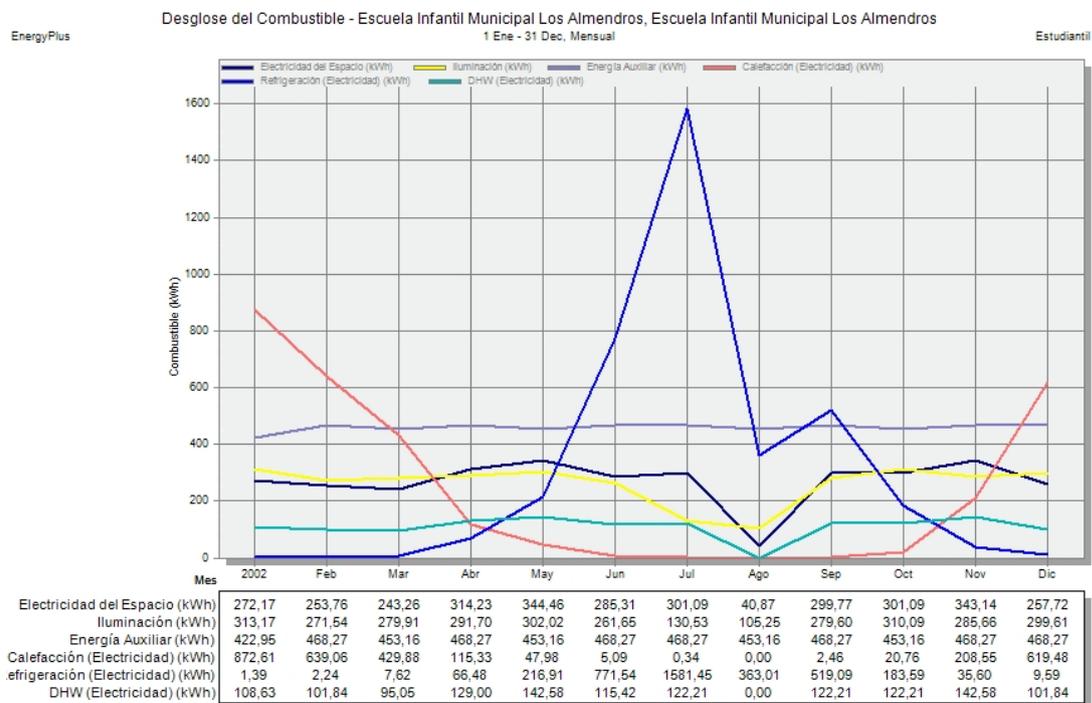


Figura 5.2.49. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE I + MAE II + MAE III).

En esta tabla tenemos desglosados los consumos por usos, y podemos ver como no se produce un aumento de la demanda total energética, el aumento principal se produce en la calefacción del edificio resultado esperado ya se introduce gran cantidad de aire del exterior que hay que tratar térmicamente, disminuyendo notablemente el consumo por iluminación. Quedando el nuevo reparto de consumos como sigue: Iluminación interior con 3.130,73 kWh que supone un 15,91%, Equipos con 3.256,87 kWh que supone un 14,28%, consumo por refrigeración con 6.314,28 kWh que supone un 30,84%, consumo por calefacción con 6.663,48 kWh que supone un 32,55% y consumo por agua caliente sanitaria con 1.108,04 kWh que supone un 5,41%.

En el diagrama siguiente observamos como el consumo producido por la calefacción sufre un gran aumento siendo el mayor de todos los planteados hasta el momento.



Figura 5.2.50. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II + MAE III).

5.2.21.3.- CONSUMOS POR ÁREA DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla representamos el consumo energético del edificio por metro cuadrado.

*Tabla 5.2.48. Intensidad energética (MAE I + MAE II + MAE III).*

	<b>Intensidad Electricidad (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Intensidad Refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Intensidad Calefacción (kWh/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Iluminación</b>	9.75	0.00	0.00
<b>Climatización</b>	0.00	19.67	24.21
<b>Otros</b>	10.15	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>19.90</b>	<b>19.67</b>	<b>24.21</b>

5.2.20.4.- CONSUMO MENSUAL DE ILUMINACIÓN Y EQUIPOS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado producido por la instalación de iluminación interior así como la del resto de equipos eléctricos.

Tabla 5.2.49. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE I + MAE II + MAE III).

	CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO EQUIPOS [kWh]
Enero	313.17	272.17
Febrero	271.54	253.76
Marzo	279.91	243.26
Abril	291.70	314.23
Mayo	302.02	344.46
Junio	261.65	285.31
Julio	130.53	301.09
Agosto	105.25	40.87
Septiembre	279.60	299.77
Octubre	310.09	301.09
Noviembre	285.66	343.14
Diciembre	299.61	257.72
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>3130.73</b>	<b>3256.87</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	105.25	40.87
<b>MÁXIMO MES</b>	313.17	344.46

5.2.21.5.- CONSUMO MENSUAL DE REFRIGERACIÓN, CALEFACCIÓN Y ACS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado de las instalaciones de refrigeración y calefacción del edificio.

Tabla 5.2.50. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE I + MAE II + MAE III).

	CONSUMO ELÉCTRICO REFRIGERACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO CALEFACCIÓN Y ACS [kWh]
Enero	2.34	2055.72
Febrero	3.76	1524.46
Marzo	12.81	1048.02
Abril	111.68	369.15
Mayo	364.40	229.14
Junio	1296.18	109.56
Julio	2656.83	104.63
Agosto	609.86	0.00
Septiembre	872.07	109.41
Octubre	308.44	150.60
Noviembre	59.80	590.42
Diciembre	16.12	1480.40
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>6314.28</b>	<b>7771.52</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	2.34	0.00
<b>MÁXIMO MES</b>	2656.83	2055.72

5.2.21.6.- PRODUCCIÓN DE CO<sub>2</sub>.

Se obtiene una producción de kg. de CO<sub>2</sub> generados por las instalaciones expresado mensualmente y acumulado al año en la siguiente tabla.

Tabla 5.2.51. Producción mensual de CO<sub>2</sub> (MAE I + MAE II + MAE III).

MES	CONSUMO CO <sub>2</sub> (Kg)
ENERO	1.363,79
FEBRERO	1.189,65
MARZO	1.033,59
ABRIL	948,72
MAYO	1.032,36
JUNIO	1.306,49
JULIO	1.783,66
AGOSTO	659,17
SEPTIEMBRE	1.158,61
OCTUBRE	952,77
NOVIEMBRE	1.016,40
DICIEMBRE	1.203,21
<b>TOTAL</b>	<b>13.648,42</b>

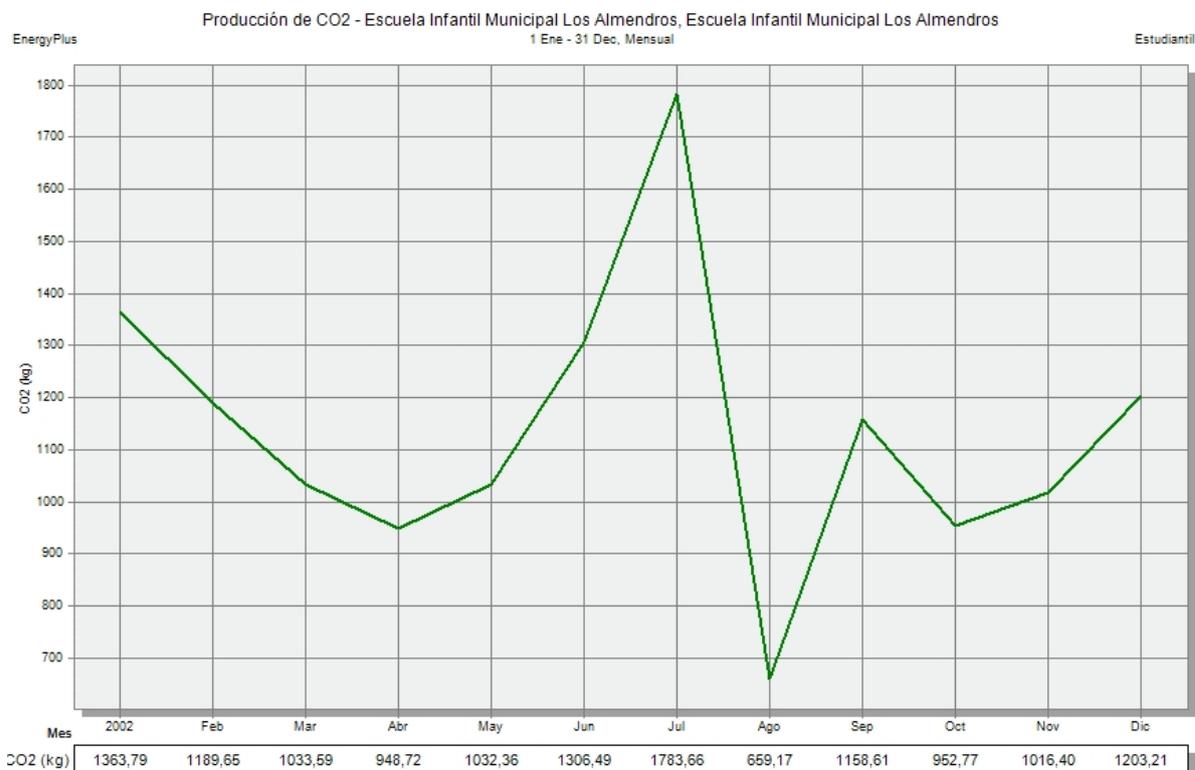


Figura 5.2.51. Distribución de producción de CO<sub>2</sub> anual (MAE I + MAE II + MAE III).

#### 5.2.21.7.- RESUMEN DE RESULTADO OBTENIDOS.

En resumen tendremos los siguientes resultados en lo referente a consumo energético expresado en kWh, coste económico consecuencia del consumo energético, e impacto ambiental expresado en kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> en un año natural.

**Consumo energético: 20.473,40 kWh.**

**Coste económico: 3.295,50 € (energía) + 3.857,55 (potencia) = 7.153,05 €.**

**Impacto ambiental: 42,51 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>.**

#### 5.2.22.- ANÁLISIS DE RESULTADOS DE SIMULACIONES ENERGÉTICAS.

##### 5.2.22.1.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Una vez realizados todos los cálculos de las diferentes hipótesis planteadas procedemos al análisis de los mismos comparando como afectan las distintas mejoras planteadas, de forma independiente y de forma combinada, a los consumos energéticos del edificio modelo tanto de forma global como a sus distintos usos, también analizaremos la influencia directa sobre la producción de kg. de CO<sub>2</sub> en las distintas situaciones.

##### 5.2.22.2.- CONSUMO ENERGÉTICO TOTAL.

Tras la simulación del edificio modelo obtenemos un consumo energético de 20.467,72 kWh, para optimizar el consumo desarrollamos unas Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética (MAE) que actúan en distintos parámetros del edificio en concreto la primera medida implementada consiste en disminuir la potencia instalada en iluminación (MAE I) generando importantes ahorros de manera directa del orden del 38%. La segunda de las mejoras introducidas se realiza sobre la envolvente del edificio colocando elementos de sombreado en las ventanas (MAE II) provocando una disminución de la demanda que se traduce en una disminución del gasto energético del 12%. La última medida va encaminada a garantizar la calidad del aire interior (MAE III) teniendo en cuenta el uso del edificio como escuela infantil y que no

dispone de ningún elemento de renovación de aire, ante ésta situación al contrario de producirse un ahorro energético aumenta notablemente el consumo del orden de un 25%.

Una vez analizadas las tres medidas llevadas a cabo se plantea llevar a cabo las dos medidas que generan ahorro de manera conjunta para ver como afectarían al consumo energético obteniendo un disminución del 32 %, se produce menos ahorro que aplicando únicamente la medida de disminución en potencia de iluminación esto es debido a que se produce un aumento de horas de funcionamiento de elementos de iluminación que hace que aumente el consumo de estos equipos.

Por último analizamos como influye la hipótesis que implica aplicar las tres medidas de ahorro a la vez y vemos que no se produce prácticamente variación en el consumo, ya que se contrarrestan los ahorros que generan las medidas de disminución de potencia de iluminación y sombreadamiento con los aumentos de consumo producidos por la ventilación del edificio para garantizar sus condiciones de salubridad.

En el siguiente diagrama de barras observamos los consumos energéticos del edificio según las medidas aplicadas.



Figura 5.2.52. Diagrama de barras comparativo del consumo energético total.

5.2.22.3.- CONSUMO ENERGÉTICO DE CALEFACCIÓN.

Analizando los consumos de calefacción del edificio observamos que el modelo tiene un consumo muy bajo de 870,63 kWh al año, éste consumo prácticamente no varía al aplicar las mejoras relativas a disminución de potencia de iluminación (MAE I) y sombreadamiento de ventanas (MAE II), por el contrario sufre un gran aumento cuando introducimos la mejora relativa a garantizar la calidad del aire interior (MAE III).

Al aplicarle al edificio MAE I y MAE II se produce una variación en el consumo levemente al alza, cuando le introducimos todas las mejoras a la vez el consumo aumenta notablemente debido a la cantidad de aire que tratar térmicamente debido a las renovaciones.

En el siguiente diagrama podemos observar los consumos de calefacción del edificio para las distintas situaciones propuestas.

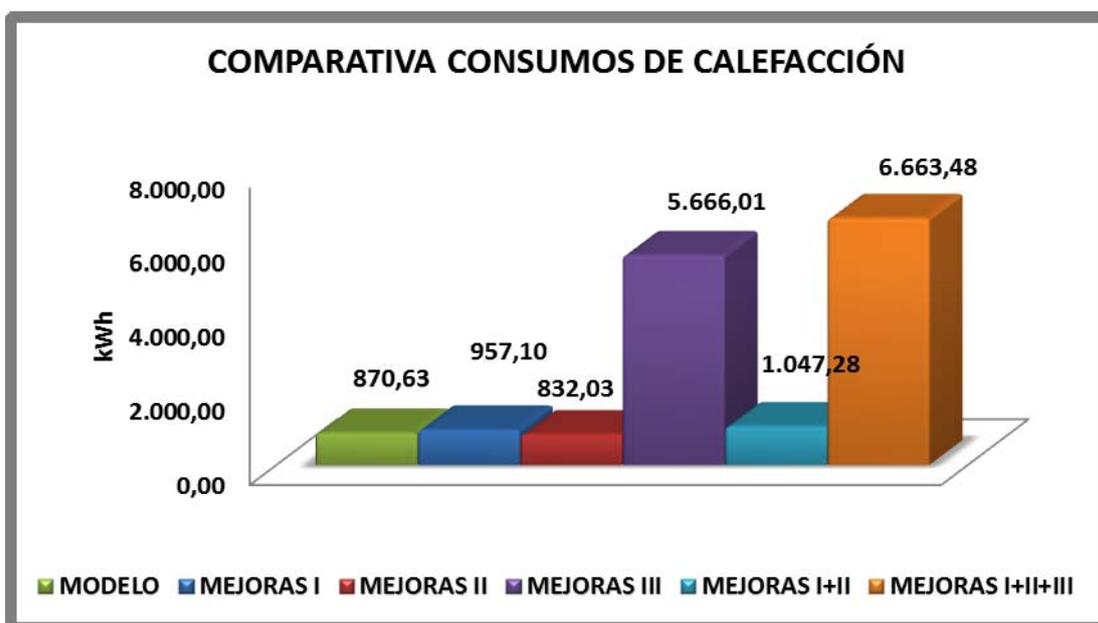


Figura 5.2.53. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de calefacción.

5.2.22.4.- CONSUMO ENERGÉTICO DE REFRIGERACIÓN.

En lo referente al consumo energético del edificio para la refrigeración tenemos que mediante la mejora de la reducción de potencia en iluminación (MAE I) y el sombreadamiento de ventanas (MAE II) se generan ahorros energéticos del orden del 15% y 25% respectivamente, aunque al aplicar ambas medidas conjuntamente obtenemos un ahorro energético en refrigeración en torno al 20%. Por otra parte a través de la mejora de la calidad del aire del edificio se genera un aumento de consumo del 3%. Al aplicar todas las medidas de manera conjunta se produce una disminución de consumo de un 16%.

En el siguiente diagrama observamos la evolución del consumo energético en lo referente a la refrigeración.

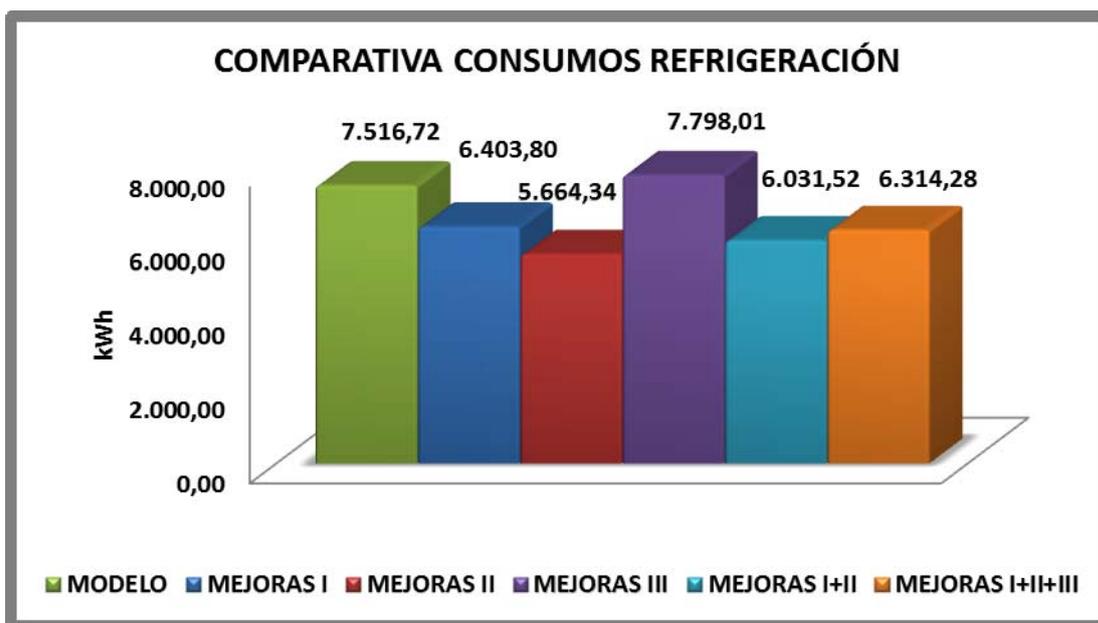


Figura 5.2.54. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de refrigeración.

5.2.22.5.- CONSUMO ENERGÉTICO DE ILUMINACIÓN.

En lo que respecta al consumo generado en el edificio por la iluminación interior observamos que únicamente se produce un ahorro significativo al llevar a cabo de reducción de potencia instalada en iluminación (MAE I) llegando a un ahorro del 86% en éste ámbito. No hay variaciones importantes en el resto de hipótesis excepto cuando se incluye ésta mejora combinada con otras obteniéndose ahorros de aproximadamente un 60%.

En el diagrama de barras siguiente observamos la evolución de consumos energéticos.



Figura 5.2.55. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de iluminación.

5.2.22.6.- CONSUMO ENERGÉTICO DE EQUIPOS.

En lo que respecta al consumo energético generado en los equipos instalados en el edificio no se produce ningún ahorro significativo con ninguna de las medidas descritas, al contrario a través de la medida de mejora de calidad ambiental (MAE III) se produce un ligero aumento de consumo, esto es debido a que a los consumos de los

equipos existentes hay que sumarle el que se produce en los ventiladores que son necesarios para las renovaciones de aire.

En el diagrama adjunto se observa la evolución de consumos de equipos.

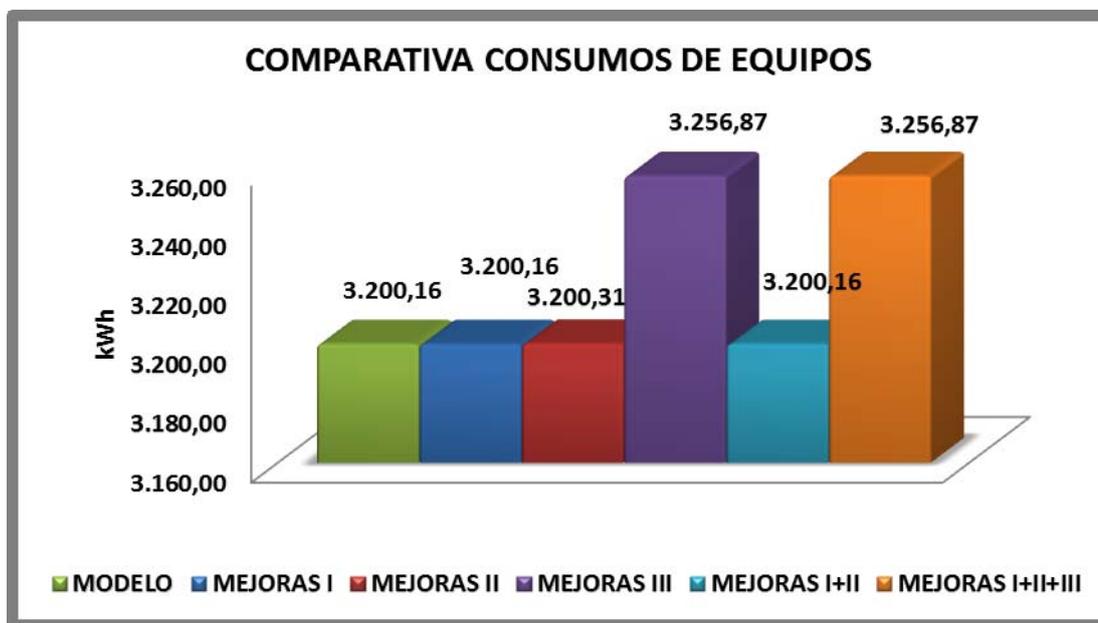


Figura 5.2.56. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de equipos.

#### 5.2.22.7.- PRODUCCIÓN TOTAL DE CO<sub>2</sub>.

Pasamos ahora a analizar la producción de CO<sub>2</sub> que genera el edificio que según los datos obtenidos es de 13.022,16 kg., mediante la aplicación de las medidas de ahorro y eficiencia energética se pretende disminuir la cantidad de emisiones generadas, así obtenemos que mediante la reducción de la potencia instalada en la iluminación interior del edificio éstas se reducen en un 3%, multiplicándose por cuatro prácticamente ésta cantidad al practicarle al edificio sombreamiento en las ventanas llegando a una disminución del 11%. Por otra parte al mejorar la calidad ambiental se produce un aumento de emisiones muy significativo de aproximadamente un 31%.

Obtenemos la mayor reducción de emisiones uniendo las medidas MAE I y MAE II que nos genera disminuciones del orden del 33%, al aplicarle todas las medidas de manera conjunta se produce un aumento de un 5%.

Observamos en el siguiente diagrama las emisiones de CO<sub>2</sub>.

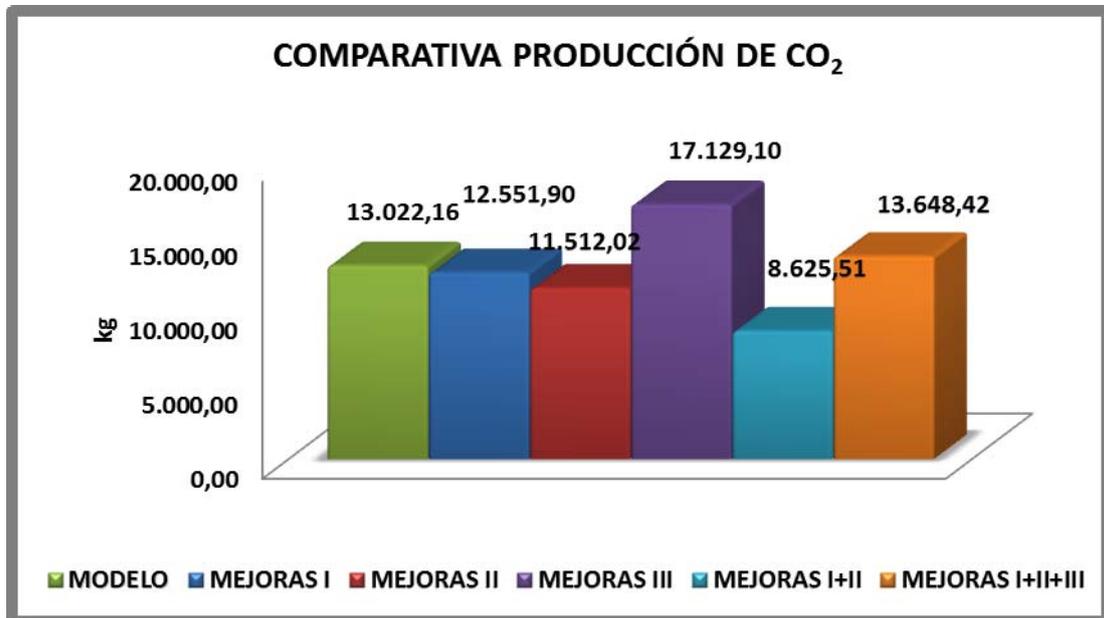


Figura 5.2.57. Diagrama de barras comparativo de la producción de CO<sub>2</sub>.

### 5.3. EDIFICIO MERCADO CENTRAL DE ALMERÍA.

#### 5.3.1. SITUACIÓN.

El edificio objeto de estudio es el Mercado Central de Almería, está ubicada en la Carretera de Ronda, s/n del término municipal de Almería, Andalucía.



*Figura 5.3.1. Localización del Mercado Central.*

#### 5.3.2. DESCRIPCIÓN GENERAL Y USO.

Al tratarse de un mercado de abastos el uso del edificio es comercial produciéndose la venta la por menor de productos de alimentación, consta también con dos cafeterías. El horario de funcionamiento es de 8 a 15 horas, de lunes a sábado, siendo el horario de atención al público de 9 a 14 horas.

Consta de una planta sobre rasante en la que la mayor superficie la ocupa la zona de venta, teniendo una zona donde se encuentran los aseos y vestuarios, la zona de cámaras frigoríficas y los cuartos de instalaciones.

Se adjuntan algunas fotografías para facilitar la comprensión de la morfología del edificio.



*Figura 5.3.2. Fachada principal.*



*Figura 5.3.3. Fachada lateral.*



*Figura 5.3.4. Fachada principal.*



*Figura 5.3.5. Fachada trasera.*



*Figura 5.3.6. Fachada principal.*



*Figura 5.3.7. Fachada lateral.*



*Figura 5.3.8. Sala de venta I.*



*Figura 5.3.9. Sala de venta II.*

**5.3.3. DISTRIBUCIÓN.**

El edificio consta de una planta sobre rasante, en la siguiente tabla se expresa el área ocupada:

*Tabla 5.3.1. Superficie total del edificio.*

PLANTA	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )
BAJA	3270,91

A continuación se muestra una tabla con la altura absoluta de la planta:

*Tabla 5.3.2. Altura interior de dependencias.*

PLANTA	COTA RELATIVA (m)	ALTURA (m)
BAJA	6,0	6,0

Se describe a continuación la planta determinando su forma y dimensiones:

**PLANTA BAJA**

Cuenta con una superficie de 3270,91 m<sup>2</sup> la distribución se puede ver en el siguiente plano:



Figura 5.3.10. Planta de distribución.

Tabla 5.3.3. Superficie de dependencias.

PLANTA BAJA	
DEPENDENCIA	SUPERFICIE
Sala de venta	2806,70
Cámaras frigoríficas	184,70
Cuarto de electricidad	17,80
Cuarto de fontanería	18,70
Cuarto de residuos	27,80
Cuarto de limpieza	9,80
Cuarto de vigilancia	5,00
Vestuarios y aseos	46,20
Cafetería 1	43,06
Cafetería 2	37,55
Pasillo 1	10,60
Pasillo 2	56,30
Pasillo 3	6,70
<b>TOTAL</b>	<b>3270,91</b>

#### 5.3.4. MATERIALES.

Los materiales que se describen a continuación son los que componen el edificio, teniendo en cuenta sus espesores así como el orden de colocación de las capas, siendo las características de éstos las que el programa nos facilita de su propia base de datos. Así tendremos las siguientes composiciones de cerramientos y particiones.

#### FACHADA

Tabla 5.3.4. Composición de la fachada por capas.

Capas	Grosor
Placa prefabricada de hormigón	30 cm

**Transmitancia Térmica U: 3,329 W/m<sup>2</sup>k**

### CUBIERTA

Tabla 5.3.5. Composición de la cubierta por capas.

Capas	Grosor
Chapa simple acero galvanizado	2,5 cm

**Transmitancia Térmica U: 7,117 W/m<sup>2</sup>k**

### SOLERA

Tabla 5.3.6. Composición de la solera por capas.

Capas	Grosor
Poliestireno extruido	2 cm
Hormigón	40 cm

**Transmitancia Térmica U: 2,128 W/m<sup>2</sup>k**

### TABICÓN

Tabla 5.3.7. Composición del tabicón por capas.

Capas	Grosor
Enlucido en yeso	1,5 cm
Ladrillo hueco doble	9 cm
Enlucido en yeso	1,5 cm

**Transmitancia Térmica U: 1,81 W/m<sup>2</sup>k**

A continuación se describen las ventanas que forman parte del edificio, éstas son todas del mismo tipo aunque de distintas dimensiones dependiendo de la zona del edificio. Son ventanas de doble acristalamiento de 3 mm. contando con cámara de aire, el marco es de aluminio lacado en color oscuro.

### VENTANA

Tabla 5.3.8. Composición de las ventanas.

Capas	Grosor
Acristalamiento	Doble de 3 mm + 1,3 mm aire
Marco	Metálico sin rotura puente térmico
Color marco	Oscuro
Porcentaje ocupado por el marco	10,00%

**Transmitancia Térmica U: 1,96 W/m<sup>2</sup>k**

### 5.3.5. OCUPACIÓN.

Para dimensionar la ocupación prevista del edificio el programa nos obliga a asignar un ratio de ocupantes por metro cuadrado climatizado, comprobando la ocupación según las indicaciones del Documentos Básico Seguridad en caso de incendio (DB-SI) en concreto su sección SI-3 Evacuación de ocupantes del Código Técnico de la Edificación, asignamos un ratio que varía entre los distintos usos de las dependencias, obteniendo una ocupación similar según observamos en la tabla siguiente:

*Tabla 5.3.9. Ocupación del edificio.*

DEPENDENCIA	SUP. UTIL m <sup>2</sup>	Ratio pers/m <sup>2</sup> e+	Num. personas
<b>PLANTA BAJA</b>			
Sala de venta	1.648,00	0,5	842
Cámaras frigoríficas	184,70	Alternativa	0
Cuarto de electricidad	17,80	Nula	0
Cuarto de fontanería	18,70	Nula	0
Cuarto de residuos	27,80	Nula	0
Cuarto de limpieza	9,80	Nula	0
Cuarto de vigilancia	5,00	0,25	2
Vestuarios y aseos	46,20	Alternativa	0
Cafetería 1	43,06	0,6	26
Cafetería 2	37,55	0,6	23
Pasillo 1	10,60	Alternativa	4
Pasillo 2	56,30	Alternativa	0
Pasillo 3	6,70	Alternativa	0
<b>TOTAL</b>			<b>897</b>

### 5.3.6. CONDICIONES DE DISEÑO EXTERIORES E INTERIORES.

Para el cálculo de los consumos energéticos del edificio se han tenido en cuenta las condiciones exteriores proporcionadas por el programa de cálculo según la localización geográfica siendo éstas para el año tipo las siguientes:

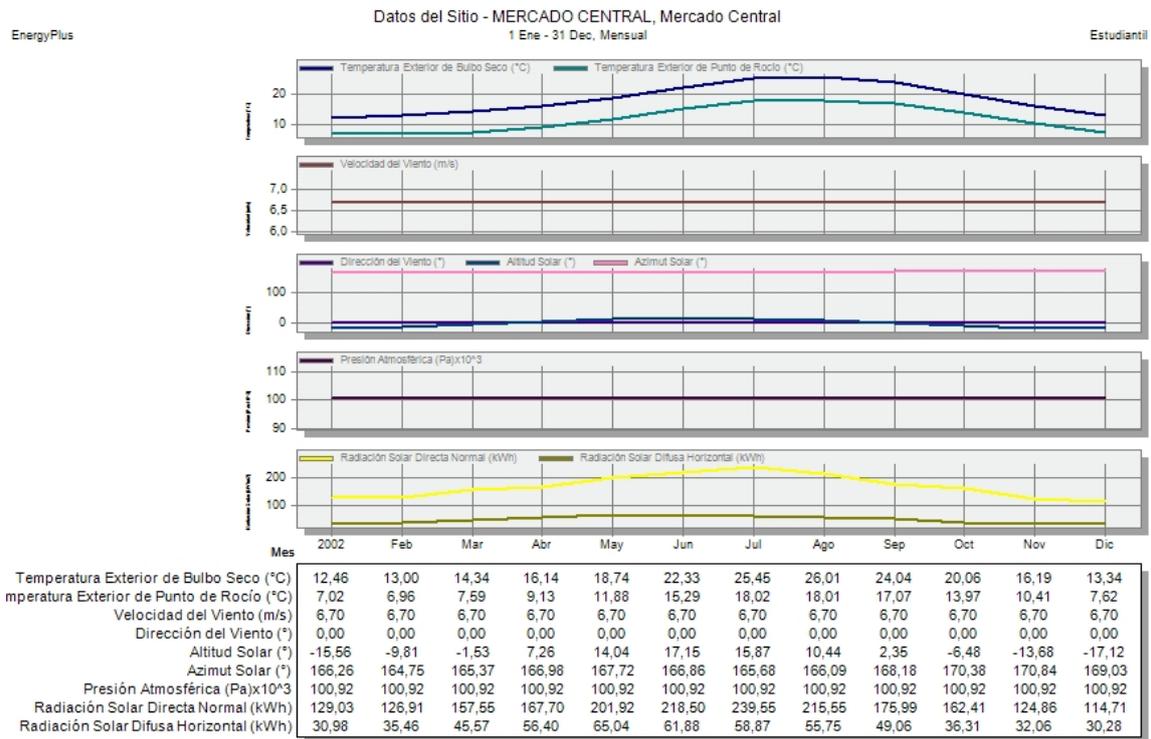


Figura 5.3.11. Condiciones de diseño exteriores.

Condiciones para el cálculo de verano:

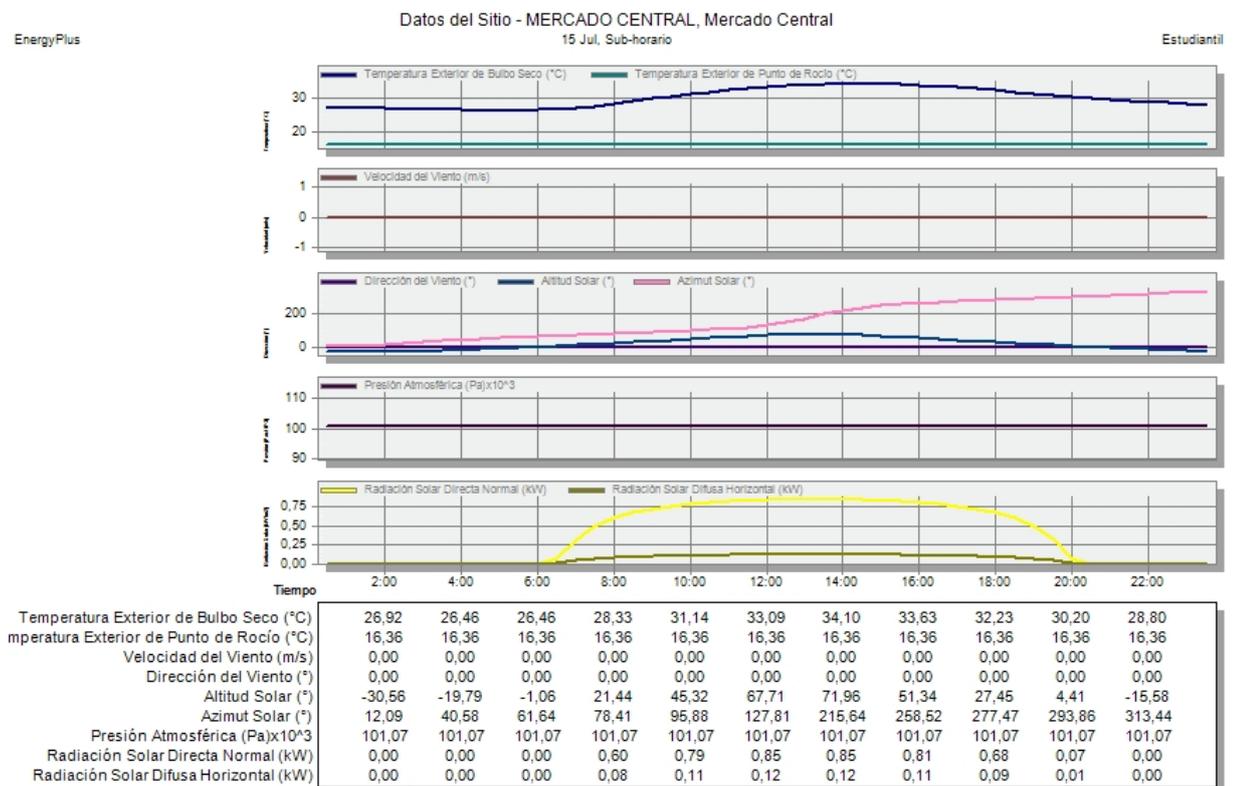


Figura 5.3.12. Condiciones de diseño para verano.

La radiación solar la aporta directamente el programa de simulación según la base de datos proporcionada por METEONORM. Los datos que utiliza tienen en cuenta las correcciones necesarias debidas a las coordenadas geográficas de la ubicación del edificio. Al tratarse de una simulación dinámica nos proporciona los datos de radiación solar hora a hora teniendo en cuenta la orientación del edificio, del mismo modo corrige los ángulos de incidencia en función de la disposición de los cerramientos, verticales y horizontales.

Condiciones para el cálculo de invierno:

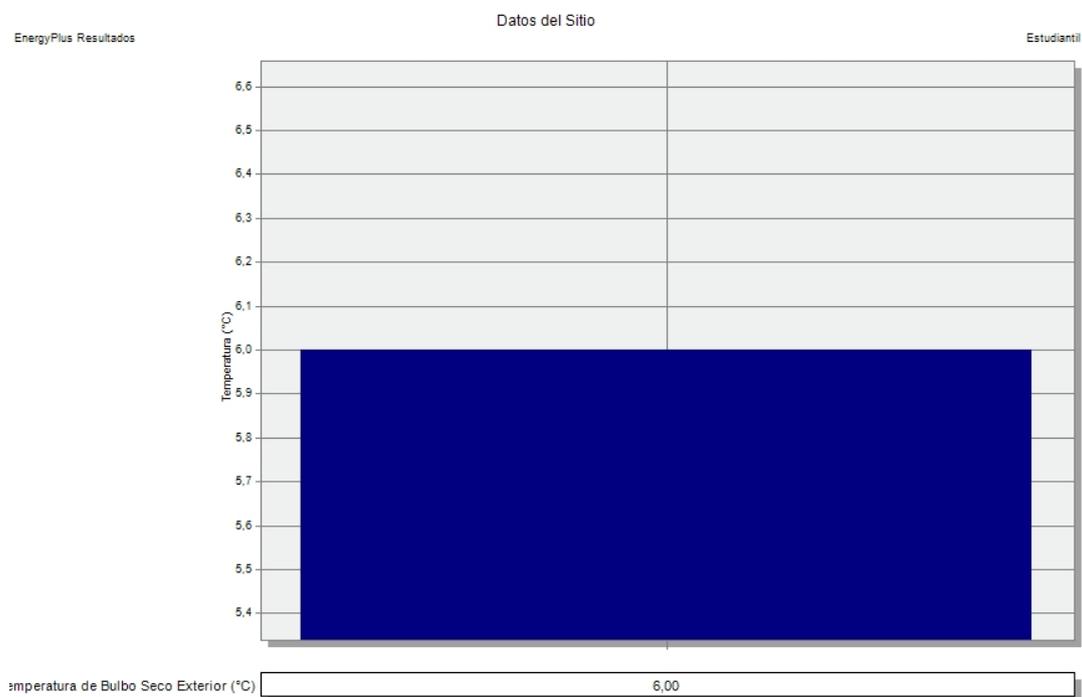


Figura 5.3.13. Condiciones de diseño para invierno.

Las características de diseño interiores en los locales climatizados será de 22°C para invierno y 23°C para verano, la humedad relativa estará entre el 43 y 58% según RITE.

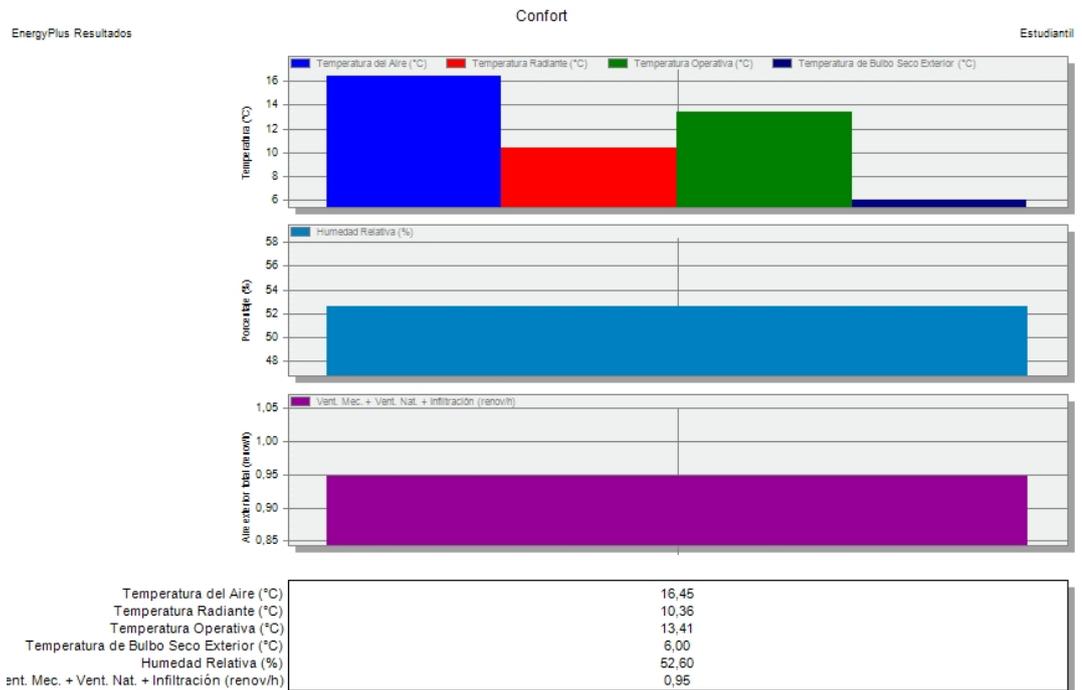


Figura 5.3.14. Condiciones de diseño interiores para invierno.

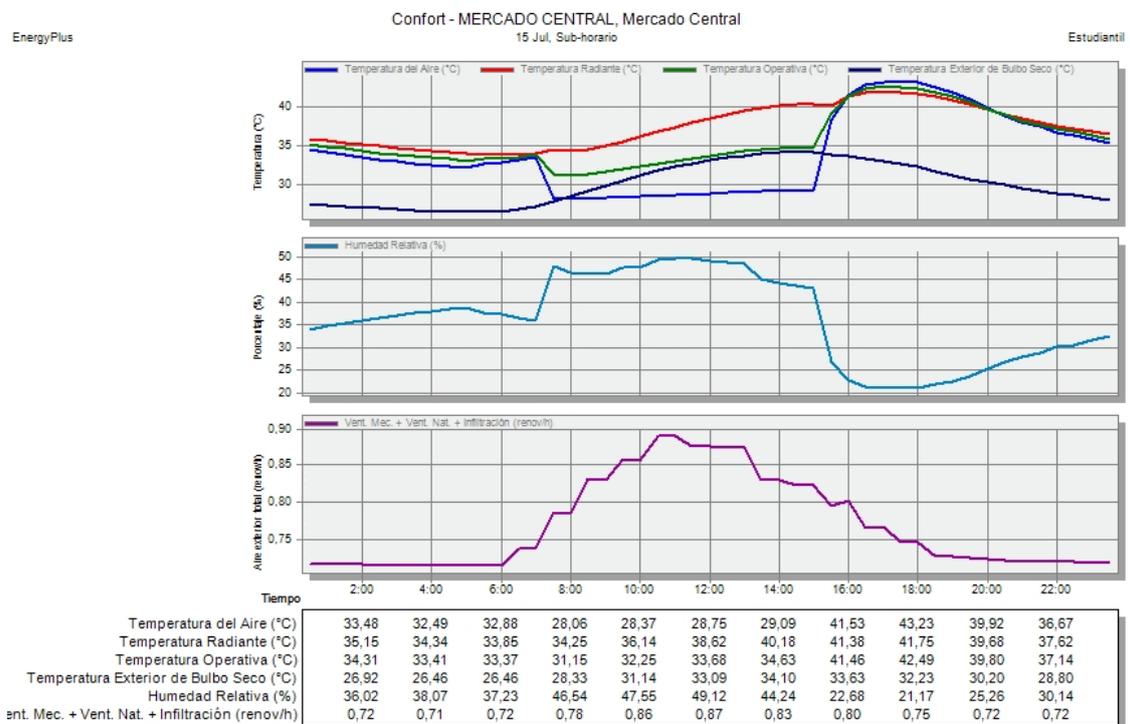


Figura 5.3.15. Condiciones de diseño interiores para verano.

### 5.3.7. CONSUMOS ENERGÉTICOS.

#### 5.3.7.1.- CONSUMOS CLIMATIZACIÓN.

La climatización del edificio se lleva a cabo mediante tres unidades tipo aire-aire compactas de cubierta roof-top con sistema de funcionamiento con bomba de calor y sistema inverter, siendo su regulación del tipo de volumen de aire variable (VAV), disponen de una potencia de 115 kW en refrigeración y de 117 kW en calefacción. Los equipos quedan instalados en la zona de cubierta en la pastilla de servicios del mercado, distribuyen el aire mediante conductos de chapa galvanizada utilizando como elementos terminales toberas de alta presión.

#### 5.3.7.2.- CONSUMOS ILUMINACIÓN.

Como iluminación general se han utilizado campanas de uso interior para lámparas de descarga HPL de 400 W, como refuerzo de la iluminación general se utiliza fluorescencia a través de pantalla estanca dotada con 2x36 W. Se obtienen los valores de consumos de iluminación siguientes:

*Tabla 5.3.10. Potencia instalada iluminación interior.*

DEPENDENCIA	SUPERFICIE m <sup>2</sup>	DENSIDAD POTENCIA ILUMINACIÓN W/m <sup>2</sup>	POTENCIA TOTAL W
<b>PLANTA BAJA</b>			
Sala de venta	2806,70	19,00	53327,30
Cámaras frigoríficas	184,70	13,6	2.511,92
Cuarto de electricidad	17,80	6,00	106,80
Cuarto de fontanería	18,70	6,00	112,20
Cuarto de residuos	27,80	6,00	166,80
Cuarto de limpieza	9,80	6,00	58,80
Cuarto de vigilancia	5,00	6,00	30,00
Vestuarios y aseos	46,20	9,60	443,52
Cafetería 1	43,06	17,00	732,02
Cafetería 2	37,55	17,00	638,35
Pasillo 1	10,60	6,00	63,6
Pasillo 2	56,30	6,00	337,8
Pasillo 3	6,70	6,00	40,2
<b>TOTAL</b>	<b>3270,91</b>		<b>58569,31</b>

5.3.7.3.- CONSUMOS EQUIPOS.

En lo referente al consumo de equipos se han tenido en cuenta los equipos de los puestos de venta del tipo vitrinas y armarios refrigerados así como las cámaras frigoríficas de temperatura positiva de uso común para todos los concesionarios del mercado de cada uno de los gremios, carne, verdura y pescado, asignándoles para el cálculo mediante el programa el valor de  $30 \text{ W/m}^2$ , también se ha tenido en cuenta el uso de equipos de cada una de las cafeterías asignándoles un ratio de consumo de  $10 \text{ W/m}^2$ . Se obtienen los valores de consumos de equipos siguientes:

Tabla 5.3.11. Potencia instalada equipos.

DEPENDENCIA	SUPERFICIE m <sup>2</sup>	DENSIDAD POTENCIA EQUIPOS W/m <sup>2</sup>	POTENCIA TOTAL W
<b>PLANTA BAJA</b>			
Sala de venta	2806,70	30,00	84201,00
Cámaras frigoríficas	184,70	30,00	5541,00
Cuarto de electricidad	17,80	0,00	0,00
Cuarto de fontanería	18,70	0,00	0,00
Cuarto de residuos	27,80	0,00	0,00
Cuarto de limpieza	9,80	0,00	0,00
Cuarto de vigilancia	5,00	0,00	0,00
Vestuarios y aseos	46,20	0,00	0,00
Cafetería 1	43,06	10,00	430,06
Cafetería 2	37,55	10,00	375,50
Pasillo 1	10,60	0,00	0,00
Pasillo 2	56,30	0,00	0,00
Pasillo 3	6,70	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>3270,91</b>		<b>90.547,56</b>

5.3.7.4.- CONSUMO DE AGUA CALIENTE SANITARIA.

La producción de agua caliente sanitaria se produce mediante calentadores eléctricos, con resistencias eléctricas, encontrando un calentador en cada uno de los puestos de venta con una capacidad de acumulación de 50 litros y una potencia de

2000 W, si cada uno de los puestos consume la mitad del agua del calentador al día tendremos que se produce un consumo total aproximado de 600 m<sup>3</sup> al año.

### 5.3.7.5.- RÉGIMEN DE OCUPACIÓN Y USOS.

Una vez conocida la ocupación del edificio así como todos los elementos que generan demanda energética, para conseguir que ésta sea lo más real posible hay que indicar el régimen de funcionamiento fijando horarios de actividad, durante el día, así como porcentajes de utilización de los receptores dentro del día, teniendo en cuenta que es imposible de controlar el buen uso de las instalaciones por los usuarios.

El horario de funcionamiento es de 8 a 15 horas, de lunes a sábado, siendo el horario de atención al público de 9 a 14 horas. El régimen de ocupación se puede asimilar al descrito en la siguiente figura.

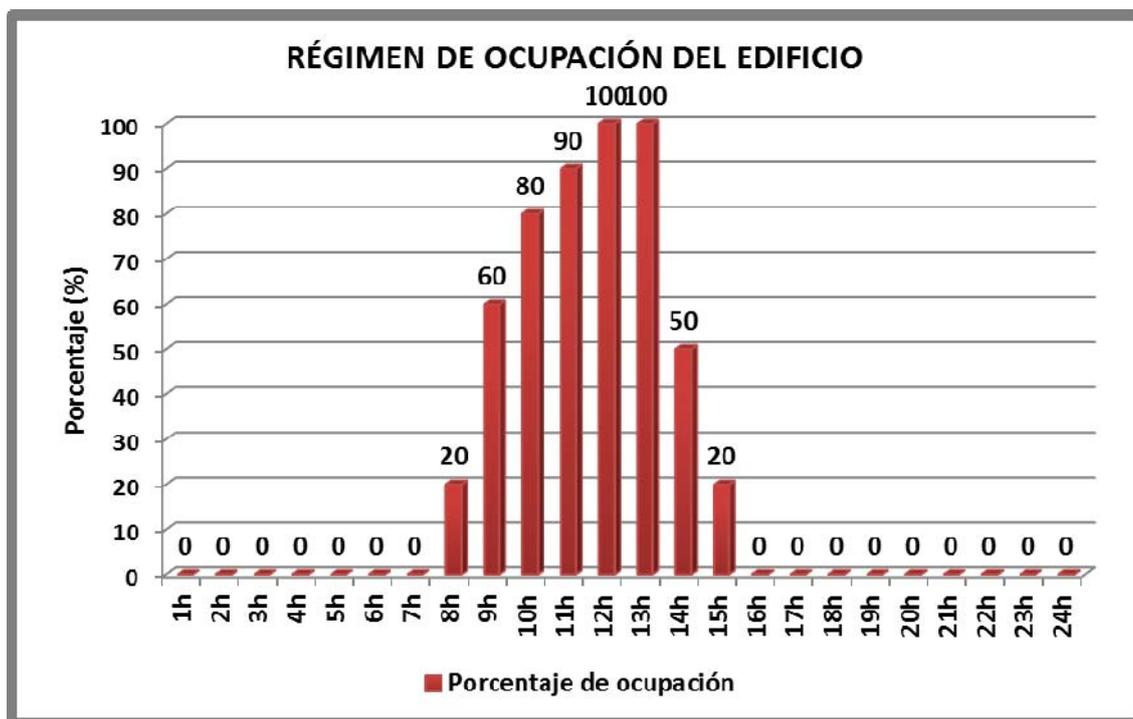


Figura 5.3.16. Representación del régimen de ocupación del edificio.

#### 5.3.7.6.- COSTE ECONÓMICO DEL CONSUMO ENERGÉTICO.

Para obtener el coste económico que genera el consumo energético del edificio y teniendo en cuenta que únicamente se consume energía eléctrica, utilizaremos el valor de €/kWh que actualmente tiene contratado el Excmo. Ayuntamiento de Almería, para una tarifa tipo 6.0A con una potencia contratada de 800 kW. Dentro de los distintos periodos de consumo tomaremos el que recoja los que se producen principalmente en horario de mañana así como el precio del término de potencia correspondiente. Tomamos éste precio como referencia ya que nos encontraríamos en mercado libre y sería variable en función de las distintas ofertas que ofrecen las empresas comercializadoras de energía eléctrica. El precio a tomar será de 0,075214 €/kWh, así como para la potencia sería de 3,024375 €/kW mes, estos precios habría que incrementarlos con los impuesto que en cada momento afecten a este tipo de servicio.

#### 5.3.8. REPRESENTACIÓN DEL EDIFICIO EN DESIGN BUILDER.

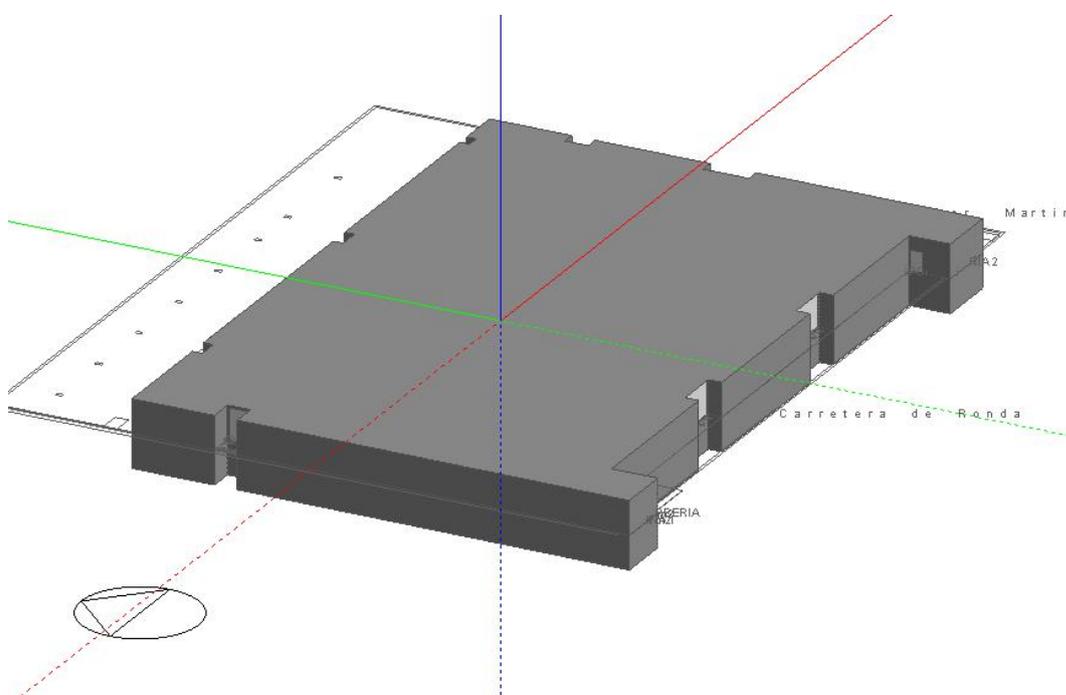


Figura 5.3.17. Representación de volúmenes de fachada principal.



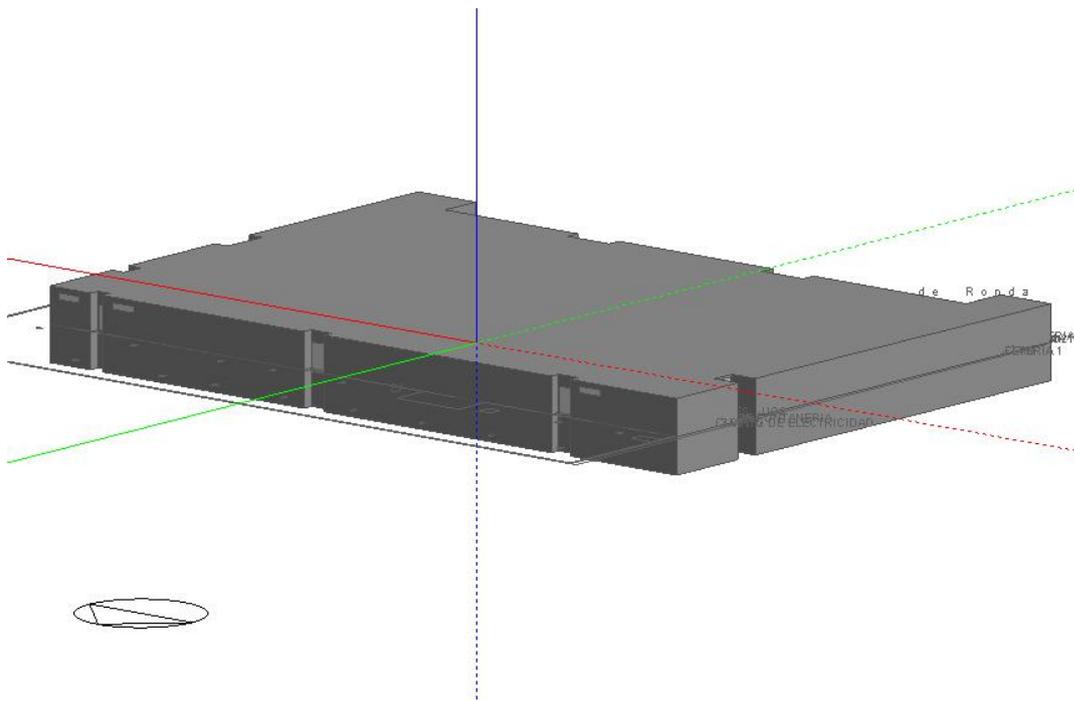


Figura 5.3.20. Representación de volúmenes de fachada lateral II.

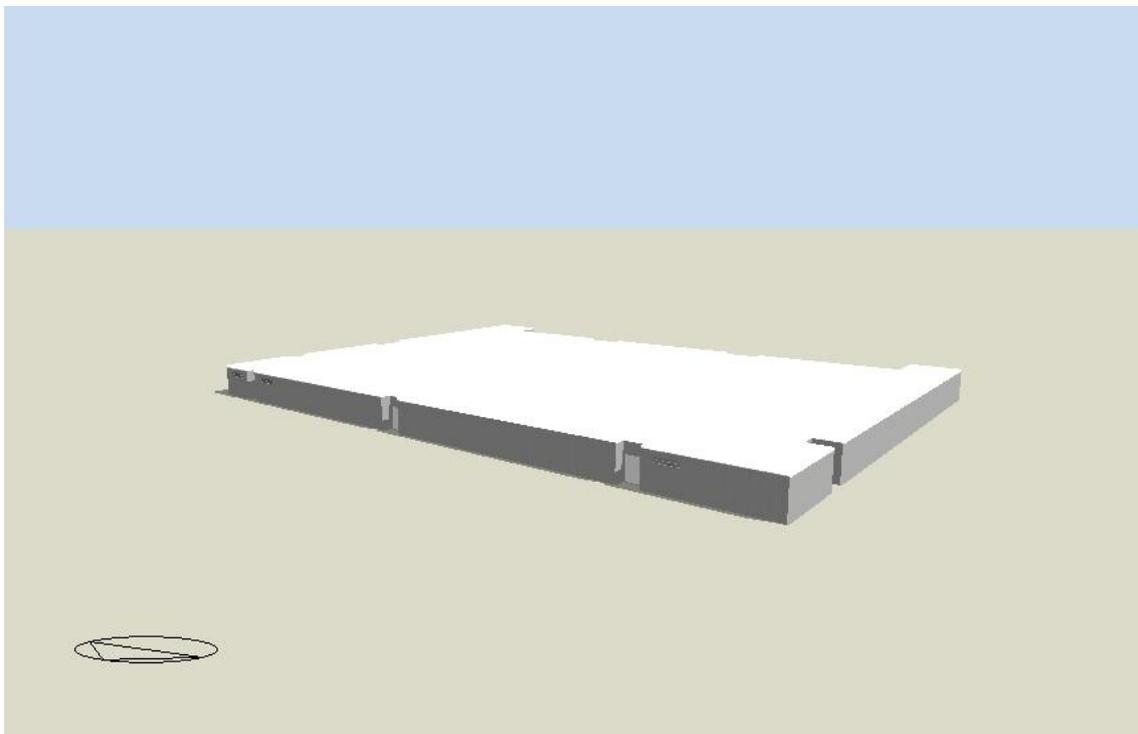
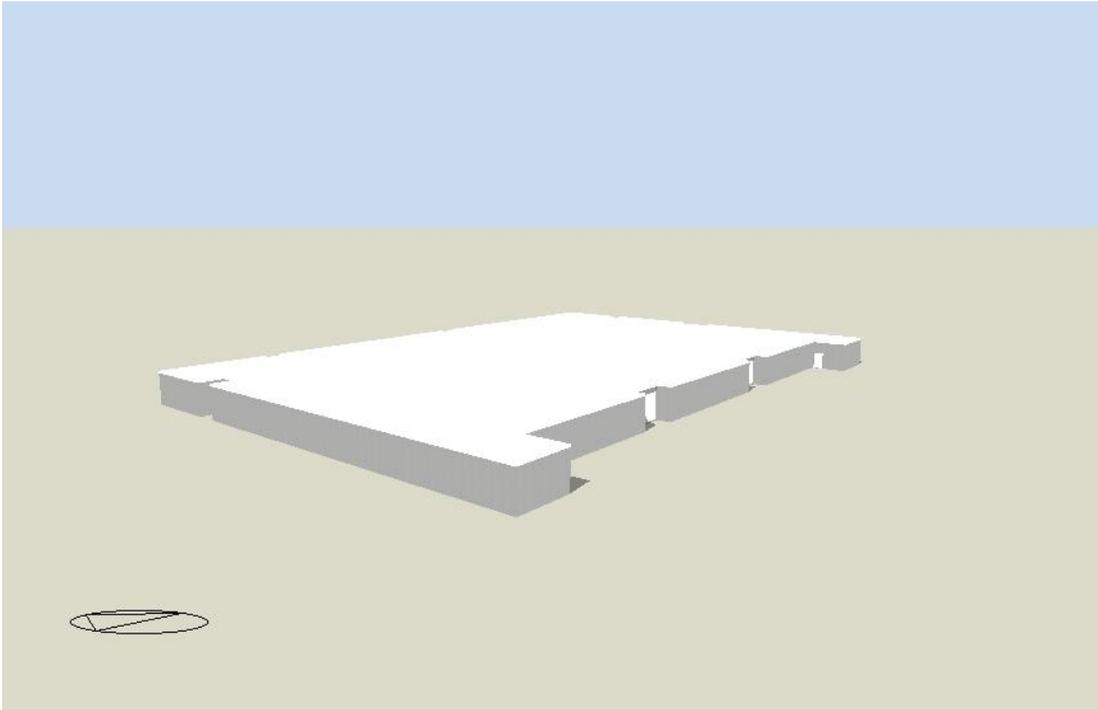


Figura 5.3.21. Alzado fachada posterior.



*Figura 5.3.22. Alzado fachada lateral.*

### **5.3.9. CONSUMOS ENERGÉTICOS REALES DEL EDIFICIO.**

Teniendo en cuenta que en el edificio los consumos energéticos se producen sólo y exclusivamente a través de energía eléctrica, a través de la factura eléctrica obtendremos la actual demanda energética, se adjunta resumen de factura de año tipo proporcionadas por la compañía suministradora Endesa:

Tabla 5.3.12. Consumo energético real del edificio.

<b>AÑO TIPO</b>	
<b>MES</b>	<b>CONSUMO ENERGÉTICO (kWh)</b>
ENERO	38.500
FEBRERO	37.545
MARZO	46.104
ABRIL	53.245
MAYO	63.322
JUNIO	73.358
JULIO	89.086
AGOSTO	83.845
SEPTIEMBRE	70.786
OCTUBRE	68.787
NOVIEMBRE	44.910
DICIEMBRE	43.777
<b>TOTAL</b>	<b>707.265</b>

### 5.3.10. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO MEDIANTE e+.

#### 5.3.10.1.- DATOS INICIALES.

En la tabla anexa se muestran los datos que proporciona el programa de cálculo para el emplazamiento del edificio en el término municipal de Almería.

Tabla 5.3.13. Datos proporcionados por e+ del edificio.

Program Version and Build	EnergyPlusDLL 32 8.1.0.008
Weather	MERCADO CENTRAL ALMERÍA
Latitude [deg]	36.85
Longitude [deg]	-2.4
Elevation [m]	21.00
Time Zone	1.00
North Axis Angle [deg]	0.00
Rotation for Appendix G [deg]	0.00
Hours Simulated [hrs]	8760.00

5.3.10.2.- RESUMEN DE DATOS DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los datos introducidos mediante el entorno gráfico al software de cálculo y simulación energética del edificio en el cual especificamos las dimensiones de las distintas dependencias que componen el edificio así como si están climatizadas.

*Tabla 5.3.14. Datos por dependencias.*

<b>PLANTA BAJA</b>			
<b>DEPENDENCIA</b>	<b>SUPERFICIE</b>	<b>VOLUMEN</b>	<b>CLIMATIZADO</b>
Sala de venta	2806,70	9971,52	SI
Cámaras frigoríficas	184,70	554,10	SI
Cuarto de electricidad	17,80	53,40	NO
Cuarto de fontanería	18,70	56,10	NO
Cuarto de residuos	27,80	83,40	NO
Cuarto de limpieza	9,80	29,40	NO
Cuarto de vigilancia	5,00	15,00	SI
Vestuarios y aseos	46,20	138,60	NO
Cafetería 1	43,06	130,80	SI
Cafetería 2	37,55	112,65	SI
Pasillo 1	10,60	31,80	NO
Pasillo 2	56,30	168,90	NO
Pasillo 3	6,70	20,10	NO
<b>TOTAL</b>	<b>3270,91</b>	<b>11365,77</b>	
<b>TOTAL CLIMATIZADO</b>	<b>3077,01</b>	<b>10784,07</b>	
<b>TOTAL NO CLIMATIZADO</b>	<b>193,90</b>	<b>581,70</b>	

5.3.10.3.- CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA.

Una vez introducidos todos los datos referentes a morfología, materiales, actividad y sistemas de climatización obtenemos que el consumo total de energía del edificio es de 726.549,26 kWh, éste consumo se aproxima mucho al consumo real del edificio en el año 2011 que es de 707.265,00 kWh, esta diferencia es aceptable ya que el programa de simulación para el cálculo utiliza un año climatológico tipo que no coincide con el año 2011 de donde se obtienen los datos reales.

Tabla 5.3.15. Consumo total de energía.

	Energía Total (kWh)	Energía por superficie total del edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energía por superficie total climatizada del edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]
<b>TOTAL</b>	726549.26	220.78	255.02

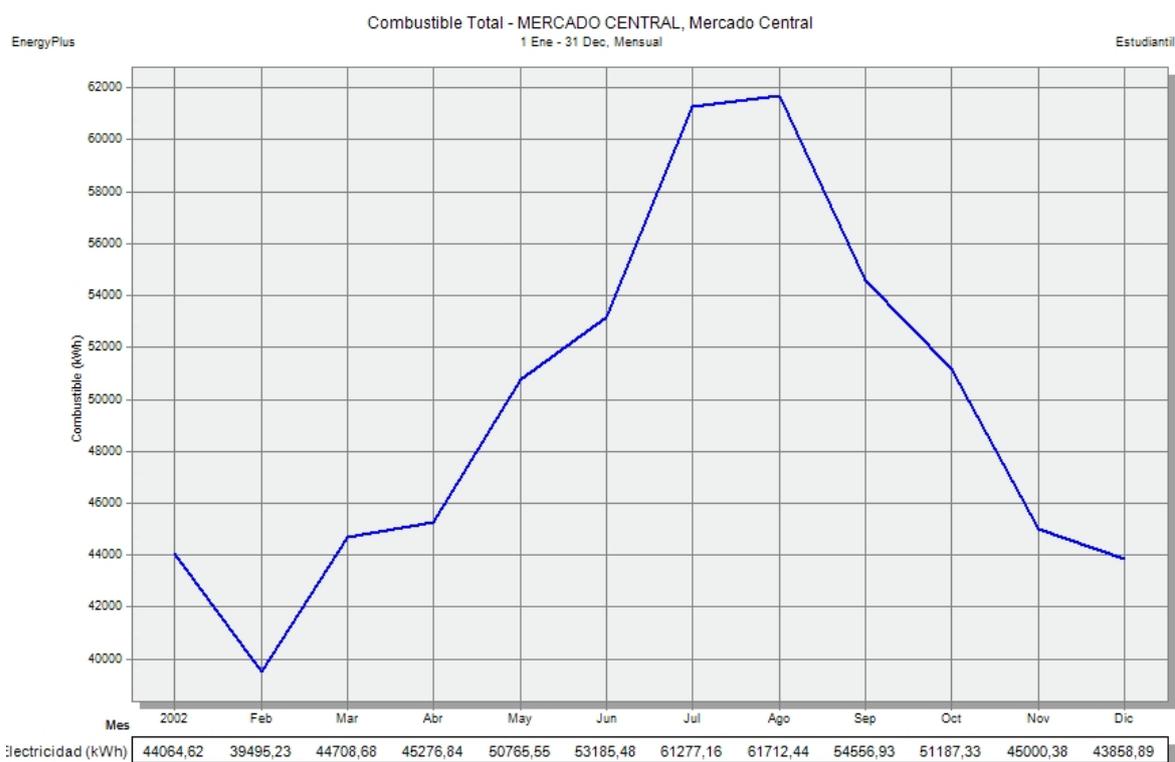


Figura 5.3.23. Distribución de consumo energético anual.

#### 5.3.10.4.- CONSUMOS POR USOS.

A continuación pasamos a desglosar los distintos consumos según los usos que encontramos en el edificio.

Tabla 5.3.16. Distribución de consumos energéticos por usos.

	Electricidad (kWh)	Refrigeración (kWh)	Calefacción (kWh)	ACS (kWh)
Calefacción	0.00	0.00	2674.09	0.00
Refrigeración	0.00	253218.45	0.00	0.00
Iluminación interior	147884.22	0.00	0.00	0.00
Iluminación exterior	21827.50	0.00	0.00	0.00
Equipos interiores	263005.16	0.00	0.00	0.00
Equipos exteriores	0.00	0.00	0.00	0.00
Ventiladores	0.00	0.00	0.00	0.00
Bombas	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidificador	0.00	0.00	0.00	0.00
Recuperador de calor	0.00	0.00	0.00	0.00
Sistemas de agua	0.00	0.00	0.00	37939.8
Generadores	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>432716.88</b>	<b>253218.45</b>	<b>2674.09</b>	<b>37939.8</b>

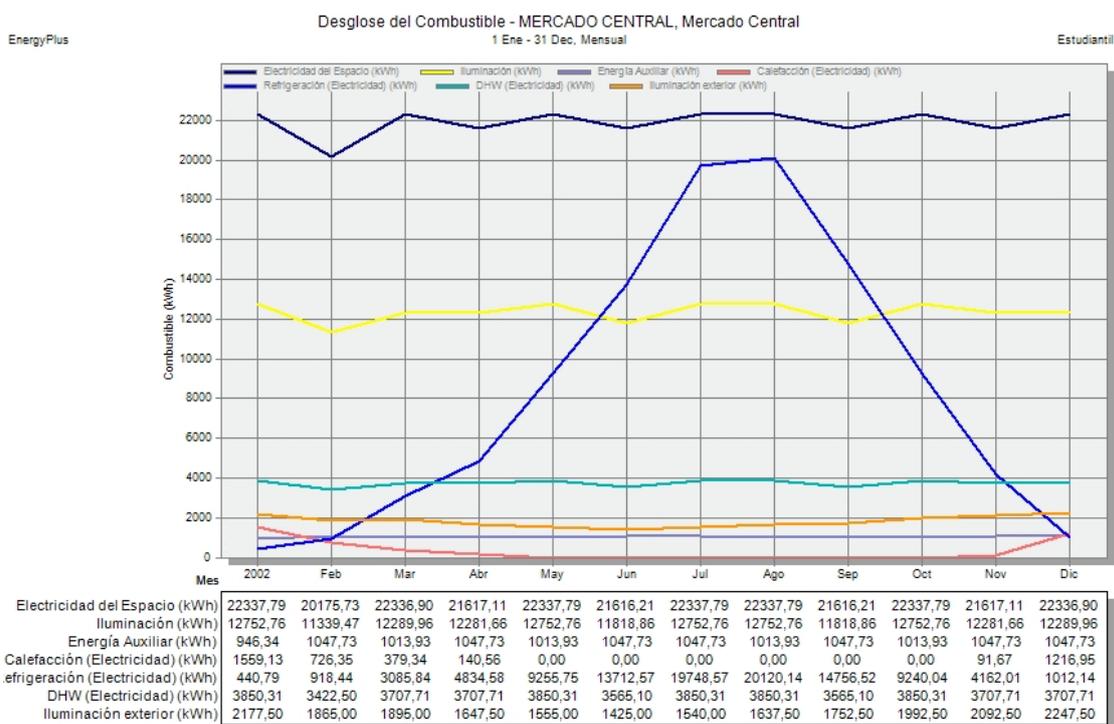


Figura 5.3.24. Distribución de consumos energéticos por usos anual.

Como podemos observar en ésta tabla los consumos energéticos del edificio son los relativos a consumo por iluminación interior con 169.711,72 kWh que supone un 23,36%, consumo por equipos (cámaras frigoríficas, vitrinas) con 263.005,16 kWh que supone un 36,20%, consumo por refrigeración con 253.218,45 kWh que supone un 34,85%, consumo por calefacción con 2.674,09 kWh que supone un 0,37% y consumo por agua caliente sanitaria con 37.939,84 kWh que supone un 5,22% .

Observamos que los consumos más importantes son los debidos a refrigeración y los generados por los equipos de refrigeraición, representando éstos un 71,05% del total de energía consumida por el edificio.

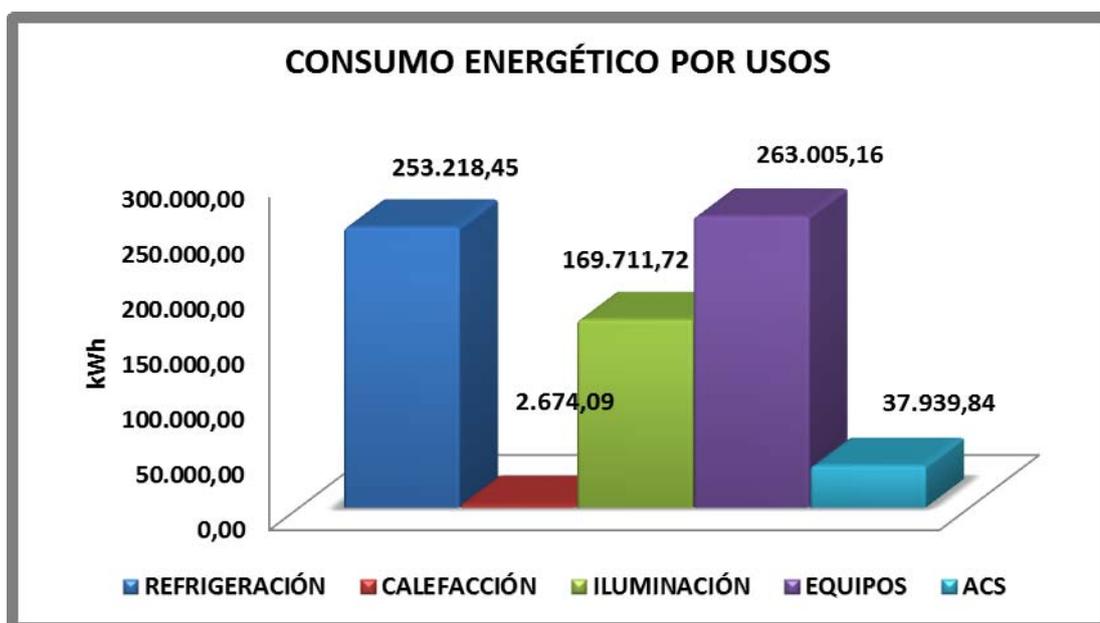


Figura 5.3.25. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos.

#### 5.3.10.5.- CONSUMOS POR ÁREA DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla representamos el consumo energético del edificio por metro cuadrado.

Tabla 5.3.17. Intensidad energética.

	Intensidad Electricidad (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> )
Iluminación	51.57	0.00	0.00
Climatización	0.00	76.95	12.34
Otros	79.92	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>131.49</b>	<b>76.95</b>	<b>12.34</b>

5.3.10.6.- CONSUMO MENSUAL DE ILUMINACIÓN Y EQUIPOS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado producido por la instalación de iluminación interior así como la del resto de equipos eléctricos.

Tabla 5.3.18. Consumo energético mensual de iluminación y equipos.

	CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN INTERIOR [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN EXTERIOR [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO EQUIPOS [kWh]
Enero	12752,76	2177,50	22337,80
Febrero	11339,47	1865,00	20175,73
Marzo	12289,96	1895,00	22336,90
Abril	12281,6	1647,50	21617,11
Mayo	12752,76	1555,00	22337,80
Junio	11818,86	1425,00	21616,22
Julio	12752,76	1540,00	22337,80
Agosto	12752,76	1637,50	22337,80
Septiembre	11818,86	1752,50	21616,22
Octubre	12752,76	1992,50	22337,80
Noviembre	12281,66	2092,50	21617,11
Diciembre	12289,96	2247,50	22336,90
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>147884,22</b>	<b>21827,50</b>	<b>263005,16</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	11339,47	1425,00	20175,73
<b>MÁXIMO MES</b>	12752,76	2247,50	22337,80

5.3.10.7.- CONSUMO MENSUAL DE REFRIGERACIÓN, CALEFACCIÓN Y ACS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado de las instalaciones de refrigeración y calefacción del edificio.

Tabla 5.3.19. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS.

	CONSUMO ENERGÉTICO REFRIGERACIÓN [kWh]	CONSUMO ENERGÉTICO CALEFACCIÓN Y ACS [kWh]
<b>Enero</b>	1101,98	4286,20
<b>Febrero</b>	2296,11	3381,25
<b>Marzo</b>	7714,60	3398,12
<b>Abril</b>	12086,44	3242,91
<b>Mayo</b>	23139,37	3272,77
<b>Junio</b>	34281,42	3030,34
<b>Julio</b>	49371,42	3272,77
<b>Agosto</b>	50300,35	3272,77
<b>Septiembre</b>	36891,31	3030,34
<b>Octubre</b>	23100,09	3272,77
<b>Noviembre</b>	10405,02	3211,14
<b>Diciembre</b>	2530,35	3942,57
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>253218,45</b>	<b>40613,93</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	1101,98	3030,34
<b>MÁXIMO MES</b>	50300,35	4286,20

5.3.10.8.- PRODUCCIÓN DE CO<sub>2</sub>.

Se obtiene una producción de kg. de CO<sub>2</sub> generados por las instalaciones expresado mensualmente y acumulado al año en la siguiente tabla.

Tabla 5.3.20. Producción mensual de CO<sub>2</sub>.

MES	CONSUMO CO <sub>2</sub> (Kg)
ENERO	30184,26
FEBRERO	27054,23
MARZO	30625,45
ABRIL	31014,64
MAYO	34774,40
JUNIO	36432,05
JULIO	41974,86
AGOSTO	42273,02
SEPTIEMBRE	37371,50
OCTUBRE	35063,32
NOVIEMBRE	30825,26
DICIEMBRE	30043,34
<b>TOTAL</b>	<b>407636,33</b>

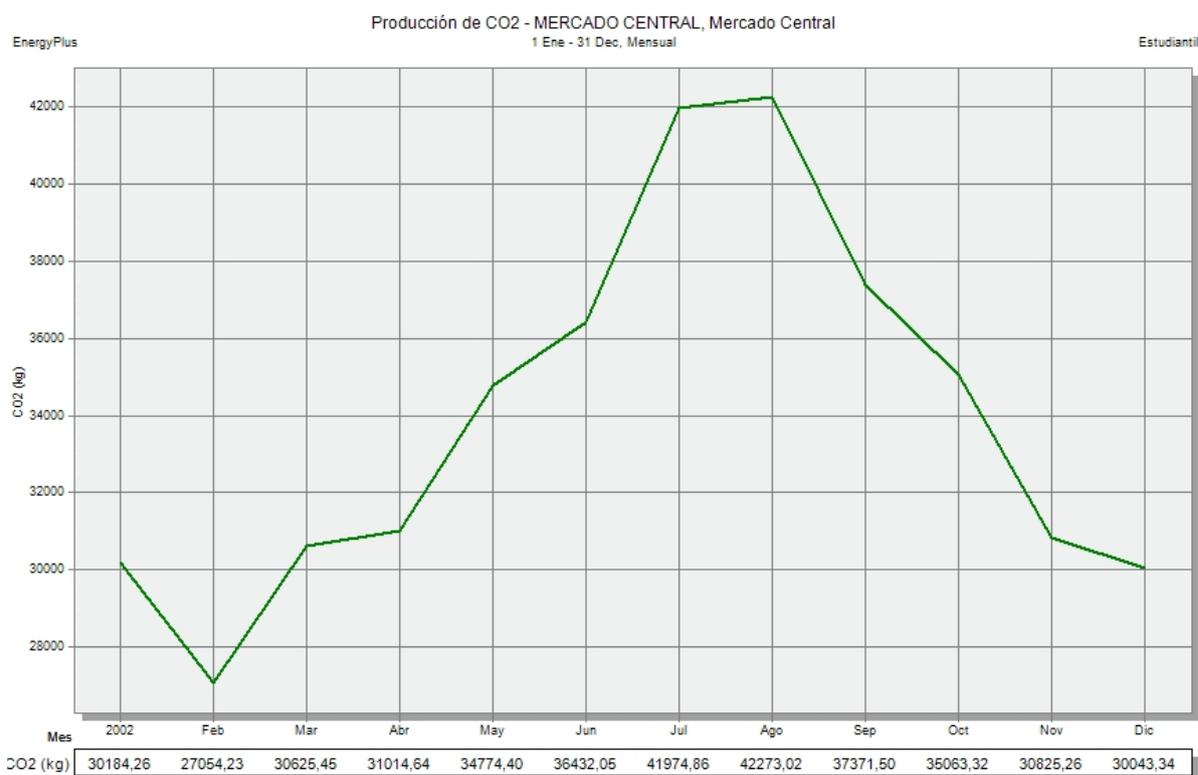


Figura 5.3.26. Distribución de producción de CO<sub>2</sub> anual.

#### 5.3.10.9.- RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS.

En resumen tendremos los siguientes resultados en lo referente a consumo energético expresado en kWh, coste económico consecuencia del consumo energético, e impacto ambiental expresado en kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> en un año natural.

**Consumo energético: 726.549,26 kWh.**

**Coste económico: 54.646,67 € (energía) + 29.034,00 (potencia) = 83.680,67 €.**

**Impacto ambiental: 124,62 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>.**

#### 5.3.11. PROPUESTAS DE MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.

A la vista de los resultados obtenidos está claro que las Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética (MAE) a proponer deben ir encaminadas a disminuir la potencia instalada en iluminación interior así como la demanda de climatización del edificio, ya que el resto de instalaciones como son el agua caliente sanitaria o los equipos de refrigeración tendrán un consumo constante.

Así a la hora de proponer mejoras habrá que buscar que éstas cumplan una serie de requisitos:

- Aumento de eficiencia energética en los equipos consumidores.
- Disminución de la demanda energética del edificio.
- Soluciones constructivas viables y económicas.

En todas estas medidas tendremos que tener presente las necesidades higiénicas, ambientales y laborales del edificio en función del uso y la actividad que se desarrolla.

#### 5.3.12. MEDIDA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA I.

Como primera medida de ahorro se plantea una que afecte directamente a reducir la demanda del edificio, debido a que el consumo en refrigeración es mucho mayor que el de calefacción no pasamos a practicar un gran aislamiento al edificio sino que intentaremos reducir la radiación solar sobre el mismo, para ello se instalará en la

cubierta del edificio una recubrimiento anti-sol de forma que absorba y refleje gran cantidad de la radiación solar. Debido al reducido número de ventanas el realizar un tratamiento de sombreado sobre estas no será muy efectivo.

### 5.3.13. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO MEDIANTE e+ SEGÚN MAES I.

#### 5.3.13.1.- CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA.

Realizada la simulación energética del edificio teniendo en cuenta los cambios introducidos para mejorar sus consumos obtenemos que la demanda total pasa a ser de 701.301,97 kWh con lo que se ha conseguido disminuir prácticamente un 3,5% el consumo energético total.

Tabla 5.3.21. Consumo total de energía (MAE I).

	Energía Total (kWh)	Energía por superficie total del edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energía por superficie total climatizada del edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]
<b>TOTAL</b>	701301.96	213.11	223.63

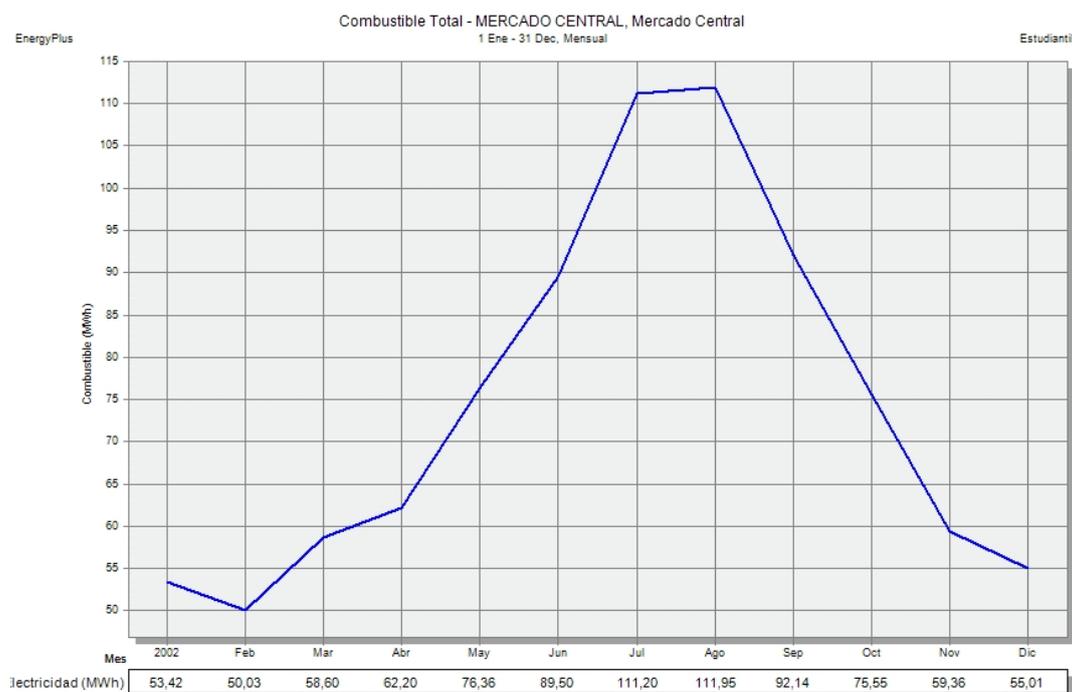


Figura 5.3.27. Distribución de consumo energético anual (MAE I).

5.3.13.2.- CONSUMOS POR USOS.

A continuación pasamos a desglosar los distintos consumos según los usos que encontramos en el edificio.

*Tabla 5.3.22. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE I).*

	<b>Electricidad (kWh)</b>	<b>Refrigeración (kWh)</b>	<b>Calefacción (kWh)</b>	<b>ACS (kWh)</b>
<b>Calefacción</b>	0.00	0.00	5351.94	0.00
<b>Refrigeración</b>	0.00	225293.31	0.00	0.00
<b>Iluminación interior</b>	147884.22	0.00	0.00	0.00
<b>Iluminación exterior</b>	21827.50	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos interiores</b>	263005.16	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos exteriores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Ventiladores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Bombas</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Humidificador</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Recuperador de calor</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Sistemas de agua</b>	0.00	0.00	0.00	37939.84
<b>Generadores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>432716.88</b>	<b>225293.31</b>	<b>5351.94</b>	<b>37939.84</b>

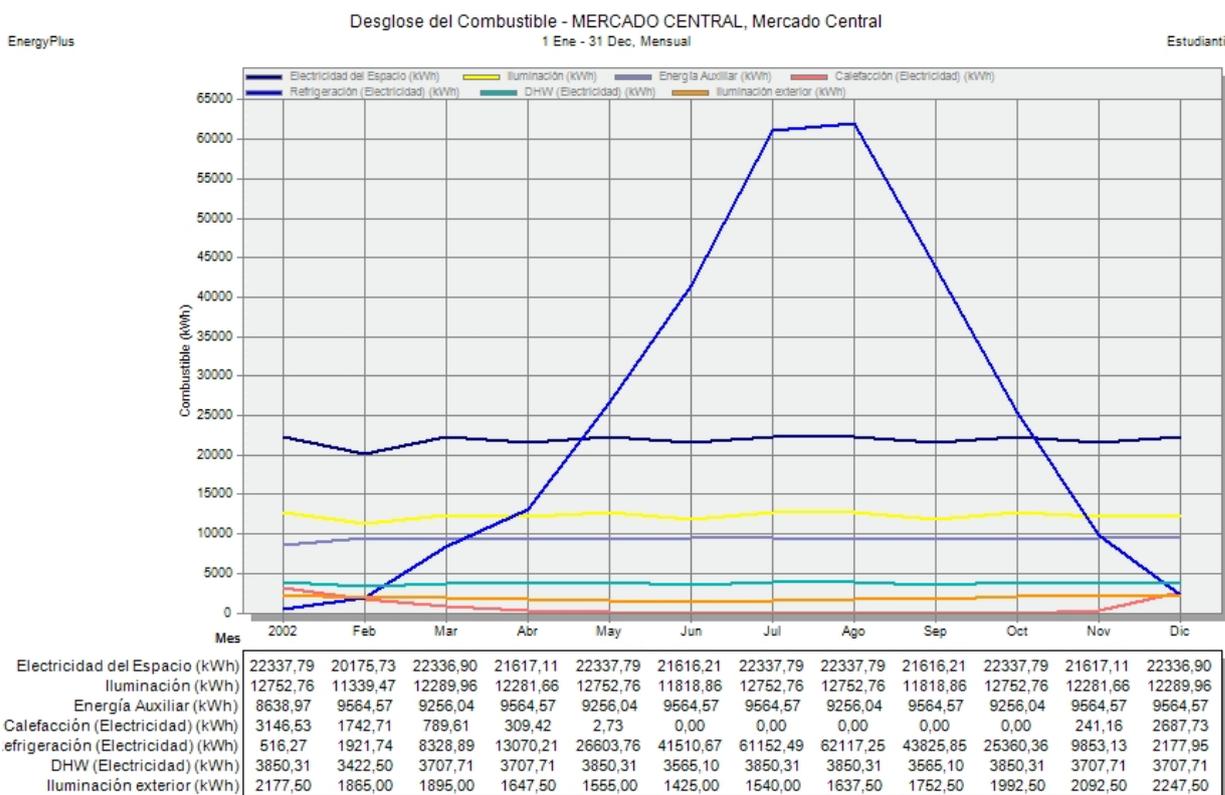


Figura 5.3.28. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE I).

En esta tabla tenemos desglosados los consumos por usos, y podemos ver como en la reducción del 3,5% de la demanda total energética la reducción principal ha sido la de climatización disminuyendo ésta en un 11%. Quedando el nuevo reparto de consumos como sigue: Iluminación con 169.711,72 kWh que supone un 24,20%, Equipos con 263.005,16 kWh que supone un 37,50%, consumo por refrigeración con 225.293,31 kWh que supone un 32,13%, consumo por calefacción con 5.351,94 kWh que supone un 0,76% y consumo por agua caliente sanitaria con 37.939,84 kWh que supone un 5,41%.

En el diagrama siguiente observamos como los consumos por iluminación, equipos y agua caliente sanitaria se mantienen, disminuyendo únicamente el consumo debido a la refrigeración.

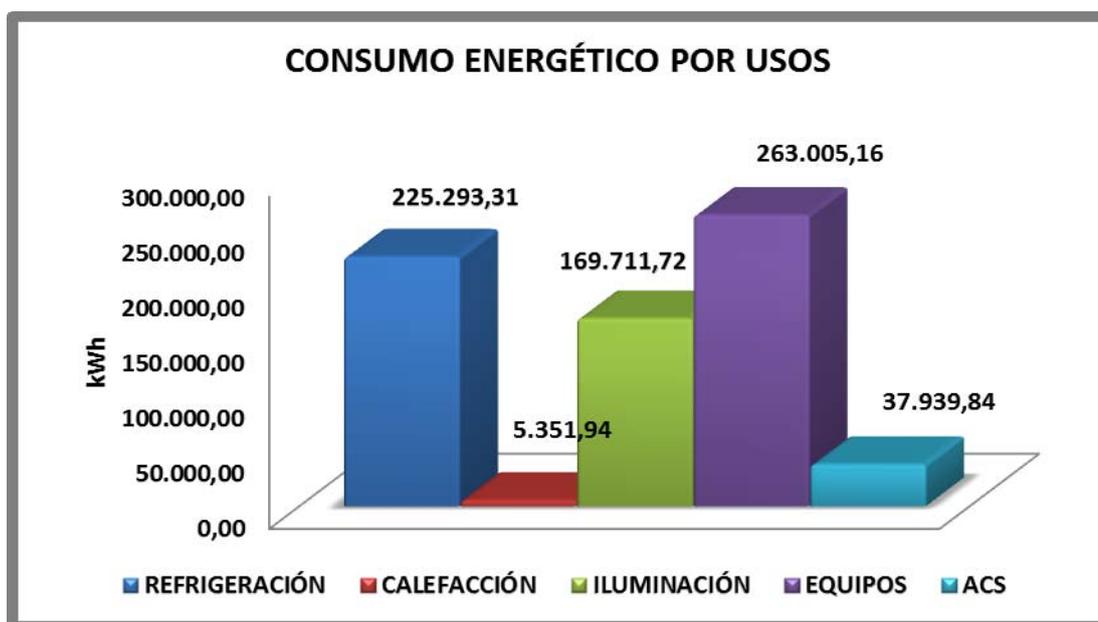


Figura 5.3.29. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE I).

### 5.3.13.3.- CONSUMOS POR ÁREA DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla representamos el consumo energético del edificio por metro cuadrado.

Tabla 5.3.23. Intensidad energética (MAE I).

	Intensidad Electricidad (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> )
Iluminación	51.57	0.00	0.00
Climatización	0.00	68.46	13.16
Otros	79.92	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>131.49</b>	<b>68.46</b>	<b>13.16</b>

5.3.13.4.- CONSUMO MENSUAL DE ILUMINACIÓN Y EQUIPOS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado producido por la instalación de iluminación así como la del resto de equipos eléctricos.

*Tabla 5.3.24. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE I).*

	<b>CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN INTERIOR [kWh]</b>	<b>CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN EXTERIOR [kWh]</b>	<b>CONSUMO ELÉCTRICO EQUIPOS [kWh]</b>
<b>Enero</b>	12752,76	2177,50	22337,80
<b>Febrero</b>	11339,47	1865,00	20175,73
<b>Marzo</b>	12289,96	1895,00	22336,90
<b>Abril</b>	12281,66	1647,50	21617,11
<b>Mayo</b>	12752,76	1555,00	22337,80
<b>Junio</b>	11818,86	1425,00	21616,22
<b>Julio</b>	12752,76	1540,00	22337,80
<b>Agosto</b>	12752,76	1637,50	22337,80
<b>Septiembre</b>	11818,86	1752,50	21616,22
<b>Octubre</b>	12752,76	1992,50	22337,80
<b>Noviembre</b>	12281,66	2092,50	21617,11
<b>Diciembre</b>	12289,96	2247,50	22336,90
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>147884,22</b>	<b>21827,50</b>	<b>263005,16</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	11339,47	1425,00	20175,73
<b>MÁXIMO MES</b>	12752,76	2247,50	22337,80

5.3.13.5.- CONSUMO MENSUAL DE REFRIGERACIÓN, CALEFACCIÓN Y ACS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado de las instalaciones de refrigeración y calefacción del edificio.

Tabla 5.3.25. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE I).

	CONSUMO ELÉCTRICO REFRIGERACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO CALEFACCIÓN Y ACS [kWh]
Enero	392,36	5160,69
Febrero	1460,52	3954,75
Marzo	6329,96	3625,32
Abril	9933,36	3337,21
Mayo	20218,85	3274,41
Junio	31548,11	3030,34
Julio	46475,89	3272,77
Agosto	47209,11	3272,77
Septiembre	33307,64	3030,34
Octubre	19273,87	3272,77
Noviembre	7488,38	3296,25
Diciembre	1655,24	4764,19
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>225293,31</b>	<b>43291,78</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	392,36	3030,34
<b>MÁXIMO MES</b>	47209,11	5160,69

5.3.13.6.- PRODUCCIÓN DE CO<sub>2</sub>.

Se obtiene una producción de kg. de CO<sub>2</sub> generados por las instalaciones expresado mensualmente y acumulado al año en la siguiente tabla.

Tabla 5.3.26. Producción mensual de CO<sub>2</sub> (MAE I).

MES	CONSUMO CO <sub>2</sub> (Kg)
ENERO	30184,26
FEBRERO	27054,23
MARZO	30625,45
ABRIL	31014,64
MAYO	34774,40
JUNIO	36432,05
JULIO	41974,86
AGOSTO	42273,02
SEPTIEMBRE	37371,50
OCTUBRE	35063,32
NOVIEMBRE	30825,26
DICIEMBRE	30043,34
<b>TOTAL</b>	<b>613298,01</b>

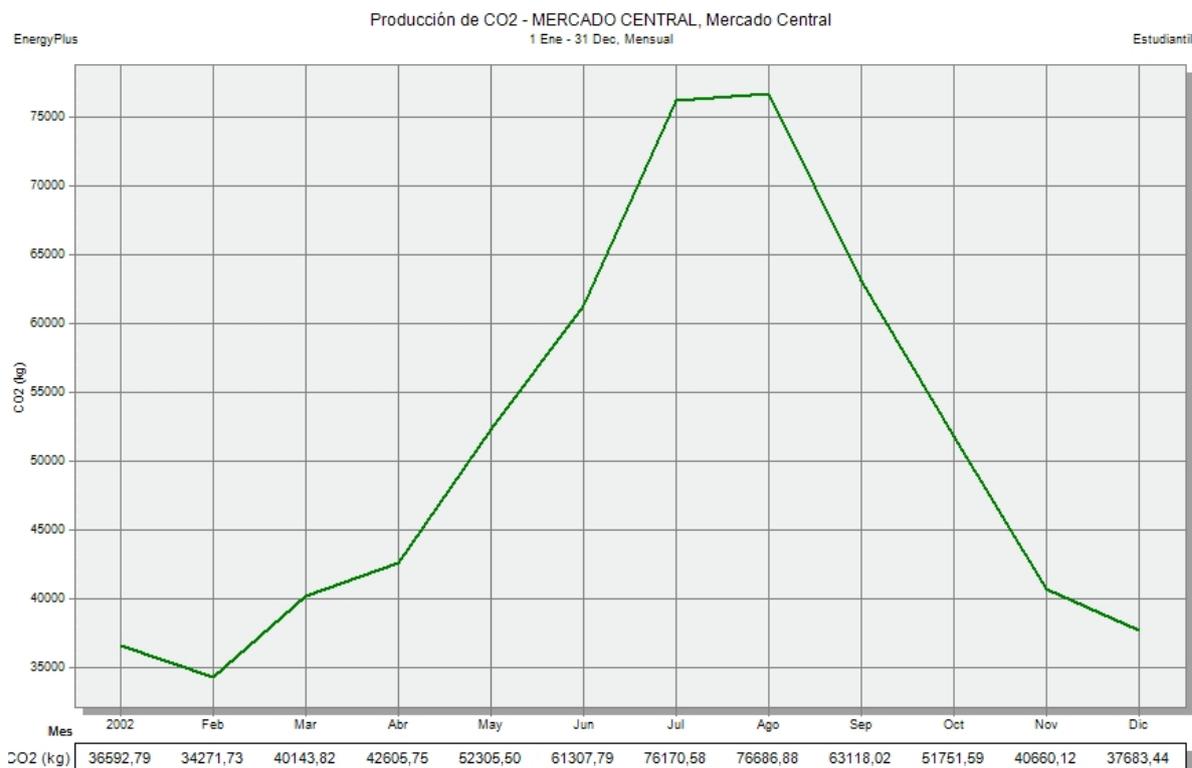


Figura 5.3.30. Distribución de producción de CO<sub>2</sub> anual (MAE I).

#### 5.3.13.7.- RESUMEN DE RESULTADO OBTENIDOS.

En resumen tendremos los siguientes resultados en lo referente a consumo energético expresado en kWh, coste económico consecuencia del consumo energético, e impacto ambiental expresado en kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> en un año natural.

**Consumo energético: 701.301,97 kWh.**

**Coste económico: 52.747,72 € (energía) + 29.034,00 (potencia) = 81.781,72 €.**

**Impacto ambiental: 187,50 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>.**

#### 5.3.14. MEDIDA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA II.

Se plantea como mejora de las condiciones una medida que afecte directamente al consumo generado por los equipos de iluminación mediante una sustitución de estos por otros que disminuyan la potencia instalada, de manera que se sustituirán las lámparas que hay instalados en la actualidad por otros más eficientes de manera que disminuya la densidad de potencia sin afectar a las condiciones necesarias de iluminación.

Pasamos de las lámparas de descarga y los tubos fluorescentes convencionales del tipo TLD a iluminación tipo Led disminuyendo significativamente la potencia instalada, resultando la instalación más eficiente disminuyendo el consumo energético y mejorando las condiciones de iluminación ya que éstas disponen de mayor flujo luminoso.

En la siguiente tabla tenemos la distribución de potencia según la nueva densidad de potencia de iluminación.

Tabla 5.3.27. Potencia instalada iluminación interior según mejoras propuestas.

DEPENDENCIA	SUPERFICIE m <sup>2</sup>	DENSIDAD POTENCIA ILUMINACIÓN W/m <sup>2</sup>	POTENCIA TOTAL W
<b>PLANTA BAJA</b>			
Sala de venta	2806,70	10,00	28.067,00
Cámaras frigoríficas	184,70	7,00	1.292,90
Cuarto de electricidad	17,80	3,00	53,40
Cuarto de fontanería	18,70	3,00	56,10
Cuarto de residuos	27,80	3,00	83,40
Cuarto de limpieza	9,80	3,00	29,40
Cuarto de vigilancia	5,00	3,00	15,00
Vestuarios y aseos	46,20	5,00	231,00
Cafetería 1	43,06	9,00	387,54
Cafetería 2	37,55	9,00	337,95
Pasillo 1	10,60	3,00	31,80
Pasillo 2	56,30	3,00	168,90
Pasillo 3	6,70	3,00	20,10
<b>TOTAL</b>	<b>3270,91</b>		<b>30.774,49</b>

### 5.3.15. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO MEDIANTE e+ SEGÚN MAES II.

#### 5.3.15.1.- CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA.

Realizada la simulación energética del edificio teniendo en cuenta los cambios introducidos para mejorar sus consumos obtenemos que la demanda total pasa a ser de 599.144,08 kWh con lo que se ha conseguido disminuir un 17,5% del consumo energético.

Tabla 5.3.28. Consumo total de energía (MAE II).

	Energía Total (kWh)	Energía por superficie total del edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energía por superficie total climatizada del edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]
<b>TOTAL</b>	599144.08	182.07	210.30

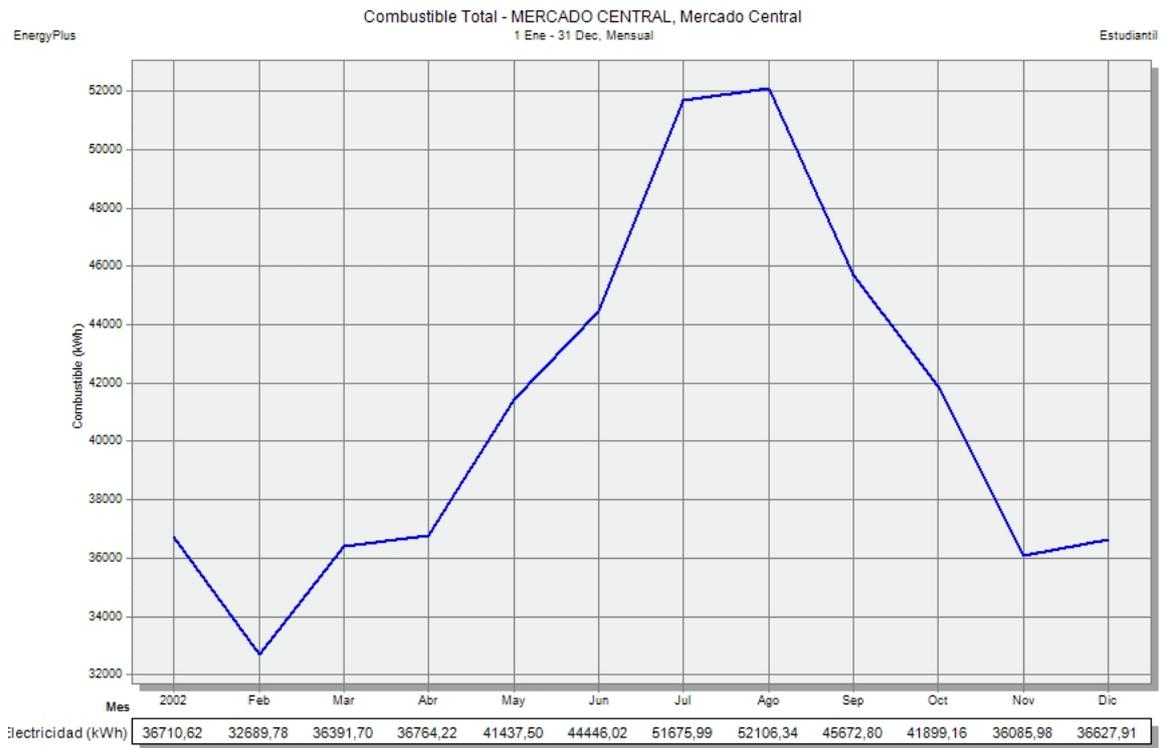


Figura 5.3.31. Distribución de consumo energético anual (MAE II).

### 5.3.15.2.- CONSUMOS POR USOS.

A continuación pasamos a desglosar los distintos consumos según los usos que encontramos en el edificio.

Tabla 5.3.29. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE II).

	Electricidad (kWh)	Refrigeración (kWh)	Calefacción (kWh)	ACS (kWh)
<b>Calefacción</b>	0.00	0.00	3921.23	0.00
<b>Refrigeración</b>	0.00	212964.91	0.00	0.00
<b>Iluminación interior</b>	59485.44	0.00	0.00	0.00
<b>Iluminación exterior</b>	21827.50	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos interiores</b>	263005.16	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos exteriores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Ventiladores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Bombas</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Humidificador</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Recuperador de calor</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Sistemas de agua</b>	0.00	0.00	0.00	37939.84
<b>Generadores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>344318.10</b>	<b>212964.91</b>	<b>3921.23</b>	<b>37939.84</b>

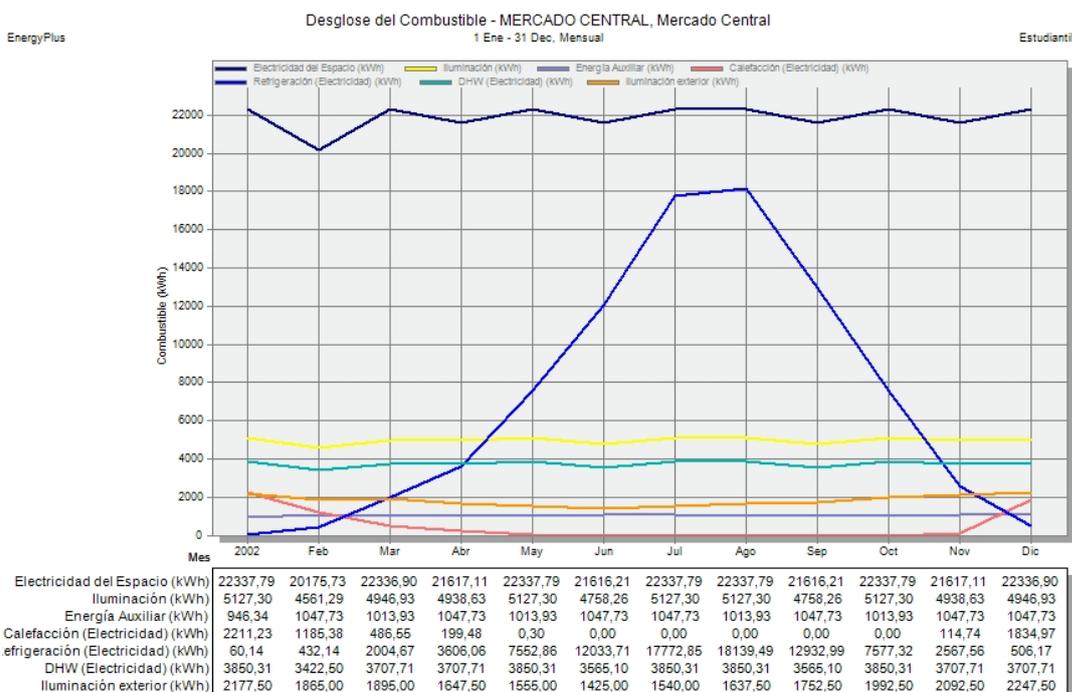


Figura 5.3.32. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE II).

En esta tabla tenemos desglosados los consumos por usos, y podemos ver como en la reducción del 17,5% de la demanda total energética la reducción principal ha sido la de iluminación disminuyendo ésta en un 52%. Quedando el nuevo reparto de consumos como sigue: Iluminación con 81.312,94 kWh que supone un 13,57%, Equipos con 263.005,16 kWh que supone un 43,90%, consumo por refrigeración con 212.964,91 kWh que supone un 35,54%, consumo por calefacción con 3.921,23 kWh que supone un 0,65% y consumo por agua caliente sanitaria con 37.939,84 kWh que supone un 6,33%. En el siguiente diagrama de barras observamos la distribución de consumos en función de los distintos usos.

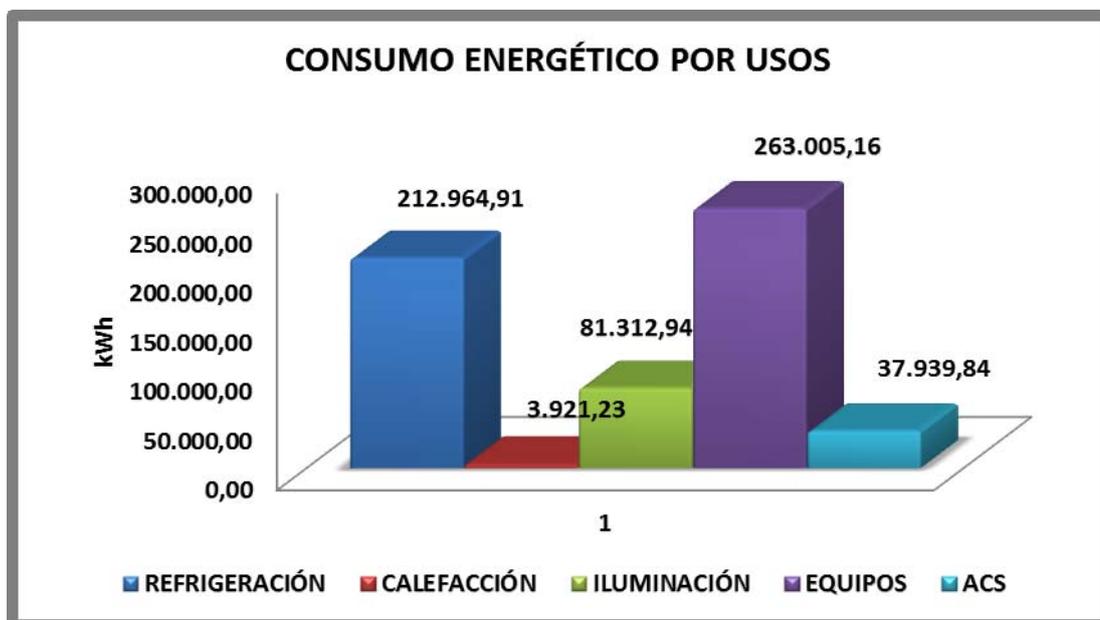


Figura 5.3.33. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE II).

### 5.3.15.3.- CONSUMOS POR ÁREA DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla representamos el consumo energético del edificio por metro cuadrado.

Tabla 5.3.30. Intensidad energética (MAE II).

	Intensidad Electricidad (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> )
Iluminación	24.71	0.00	0.00
Climatizació	0.00	64.72	12.72
Otros	79.92	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>104.63</b>	<b>64.72</b>	<b>12.72</b>

5.3.15.4.- CONSUMO MENSUAL DE ILUMINACIÓN Y EQUIPOS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado producido por la instalación de iluminación interior así como la del resto de equipos eléctricos.

Tabla 5.3.31. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE II).

	CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN INTERIOR [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN EXTERIOR [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO EQUIPOS [kWh]
Enero	5127,30	2177,50	22337,80
Febrero	4561,29	1865,00	20175,73
Marzo	4946,93	1895,00	22336,90
Abril	4938,63	1647,50	21617,11
Mayo	5127,30	1555,00	22337,80
Junio	4758,26	1425,00	21616,22
Julio	5127,30	1540,00	22337,80
Agosto	5127,30	1637,50	22337,80
Septiembre	4758,26	1752,50	21616,22
Octubre	5127,30	1992,50	22337,80
Noviembre	4938,63	2092,50	21617,11
Diciembre	4946,93	2247,50	22336,90
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>59485,44</b>	<b>21827,50</b>	<b>263005,16</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	4561,29	1425,00	20175,73
<b>MÁXIMO MES</b>	5127,30	2247,50	22337,80

5.3.15.5.- CONSUMOS POR REFRIGERACIÓN, CALEFACCIÓN Y ACS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado de las instalaciones de refrigeración y calefacción del edificio.

Tabla 5.3.32. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE II).

	CONSUMO ELÉCTRICO REFRIGERACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO CALEFACCIÓN Y ACS [kWh]
Enero	150,34	4710,07
Febrero	1080,36	3679,62
Marzo	5011,68	3467,81
Abril	9015,14	3281,22
Mayo	18882,15	3272,96
Junio	30084,27	3030,34
Julio	44432,12	3272,77
Agosto	45348,73	3272,77
Septiembre	32332,48	3030,44
Octubre	18943,30	3272,77
Noviembre	6418,91	3226,13
Diciembre	1265,42	4344,28
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>212964,91</b>	<b>41861,07</b>
MÍNIMO MES	150,34	3030,34
MÁXIMO MES	45348,73	4710,07

5.3.15.6.- PRODUCCIÓN DE CO<sub>2</sub>.

Se obtiene una producción de kg. de CO<sub>2</sub> generados por las instalaciones expresado mensualmente y acumulado al año en la siguiente tabla.

Tabla 5.3.33. Producción mensual de CO<sub>2</sub> (MAE II).

MES	CONSUMO CO <sub>2</sub> (Kg)
ENERO	25.146,78
FEBRERO	22.392,50
MARZO	24.928,31
ABRIL	25.183,49
MAYO	28.384,69
JUNIO	30.445,52
JULIO	35.398,05
AGOSTO	35.692,84
SEPTIEMBRE	31.285,87
OCTUBRE	28.700,93
NOVIEMBRE	24.718,90
DICIEMBRE	25.090,12
<b>TOTAL</b>	<b>337.368,00</b>

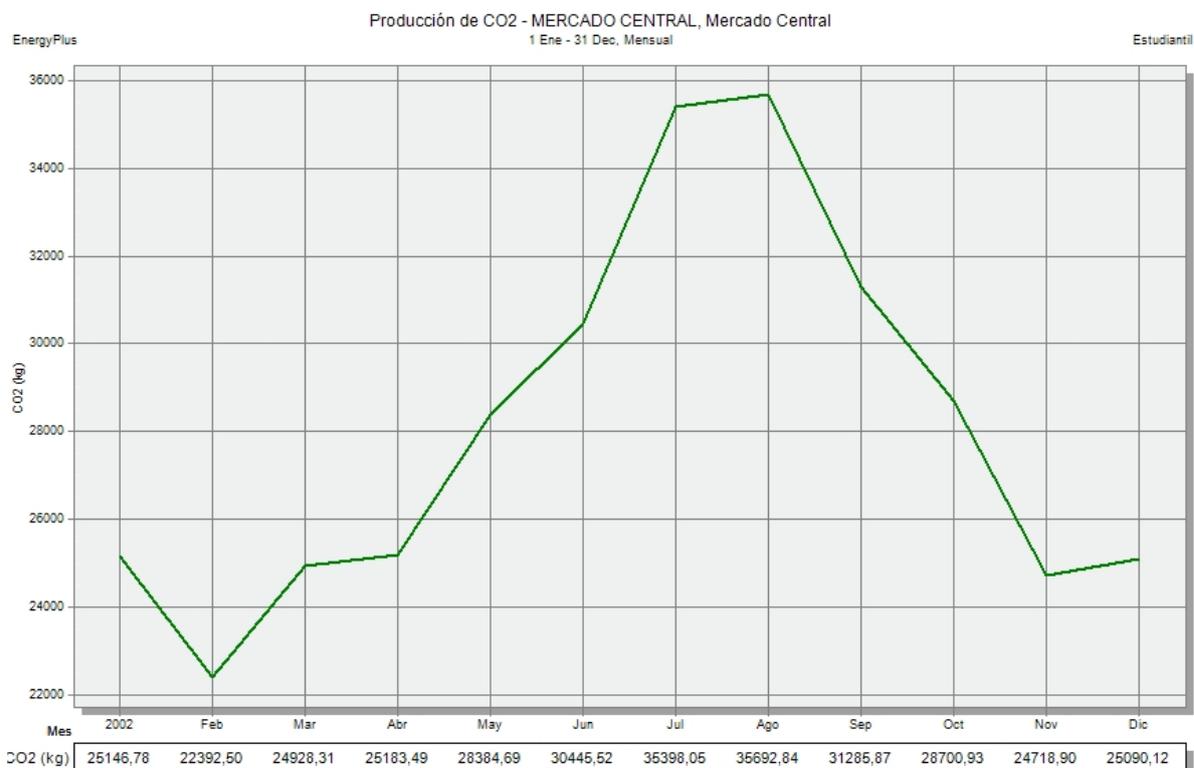


Figura 5.3.34. Distribución de producción de CO<sub>2</sub> anual (MAE II).

#### 5.3.15.7.- RESUMEN DE RESULTADO OBTENIDOS.

En resumen tendremos los siguientes resultados en lo referente a consumo energético expresado en kWh, coste económico consecuencia del consumo energético, e impacto ambiental expresado en kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> en un año natural.

**Consumo energético: 599.144,08 kWh.**

**Coste económico: 45.064,02 € (energía) + 29.034,00 (potencia) = 74.098,02 €.**

**Impacto ambiental: 103,14 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>.**

#### 5.3.16. MEDIDA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA III.

A la vista de la instalación de climatización actual del edificio con equipos del tipo roof-top que trabajan mediante volumen de aire variable (VAV) y sistema de funcionamiento con bomba de calor, proponemos realizar un cambio en la instalación llevando a cabo el montaje de un sistema de volumen de aire constante (VAC) comprobando si resulta más eficiente de forma que al cambiar el tipo de climatización se obtengan ahorros energéticos ya que al aportar un aire constante se puede conseguir que el régimen de funcionamiento de las máquinas sea constante.

Por otra parte se propone también llevar a cabo una instalación mediante captadores solares para calentamiento de agua caliente sanitaria de manera que disminuya la necesidad de calentar el agua mediante calentadores.

Al contar este edificio con un consumo energético significativo para la preparación de agua caliente sanitaria podemos aplicar como medida de ahorro la utilización de energías renovable para generar un apoyo energético al calentamiento de agua a través de la instalación de placas solares, para dimensionar la instalación tendremos en cuenta las indicaciones del Código Técnico de la Edificación en concreto el DB-HE-4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

Para realizar el dimensionado de las instalaciones de energía solar térmica se utiliza el método simplificado de las curvas f (F-Chart) que permite realizar el cálculo de

la cobertura de un sistema solar, siendo un proceso de cálculo suficientemente exacto para largas estimaciones.

Para desarrollarlo se utilizan datos mensuales medios meteorológicos, siendo válido para determinar el factor de cobertura solar en instalaciones térmicas de todo tipo de edificios.

Este método proporciona una estimación del porcentaje de energía que es suministrado por la instalación solar del total de las necesidades energéticas.

Partiremos de los siguientes datos para la ciudad de Almería:

*Tabla 5.3.34. Datos geográficos y climatológicos para el cálculo de ACS solar (MAE III).*

<b>DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS</b>													
Provincia:	<b>Almería</b>												
Latitud de cálculo:	36,85												
Latitud [º/min.]:	36,51												
Altitud [m]:	65,00												
Humedad relativa media [%]:	70,00												
Velocidad media del viento [Km/h]:	9,00												
Temperatura máxima en verano [ºC]:	30,00												
Temperatura mínima en invierno [ºC]:	5,00												
Variación diurna:	8,00												
Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046):	208 (Periodo Noviembre/Marzo)												
Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046):	208 (Todo el año)												
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tª. media ambiente [ºC]:	11,70	11,80	14,10	16,10	18,40	22,00	24,70	25,30	23,40	19,40	15,60	12,80	17,9
Tª. media agua red [ºC]:	12,0	13,2	14,4	15,6	16,8	18,0	19,2	18,0	16,8	15,6	14,4	13,2	15,6
Rad. horiz. [kJ/m <sup>2</sup> /día]:	8.918	12.144	16.748	20.432	23.404	24.034	24.534	22.188	17.962	13.778	9.796	7.662	16.800
Rad. inclin. [kJ/m <sup>2</sup> /día]:	15.621	17.903	20.340	19.983	19.748	18.947	19.825	20.253	19.842	16.160	16.390	13.855	18.239

Las necesidades totales de agua caliente sanitaria del edificio son:

*Tabla 5.3.35. Necesidades energéticas para ACS (MAE III).*

<u>DATOS RELATIVOS A LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS</u>	
Número de puestos de venta:	64
Consumo por puesto [L/día]:	25
Consumo de agua a máxima ocupación [L/día]:	1.600
Temperatura de utilización [°C]:	60

Los captadores solares tendrán las siguientes características:

*Tabla 5.3.36. Características de los captadores solares (MAE III).*

<u>DATOS RELATIVOS AL SISTEMA</u>
Curva de rendimiento del captador: $r = 0,788 - 3,955 * (t_e - t_a) / I_t$
$t_e$ : Temperatura de entrada del fluido al colector
$t_a$ : Temperatura media ambiente
$I_t$ : Radiación en [W/m <sup>2</sup> ]
Factor de eficiencia del colector: 0,788
Coefficiente global de pérdida [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]: 3,955
Volumen de acumulación [L/m <sup>2</sup> ]: 60
Caudal en circuito primario [(L/h)/m <sup>2</sup> ] - [(Kg/h)/m <sup>2</sup> ]: 60
Caudal en circuito secundario [(L/h)/m <sup>2</sup> ] - [(Kg/h)/m <sup>2</sup> ]: 60
Calor específico en circuito primario [Kcal/(Kg·°C)]: 1
Calor específico en circuito secundario [Kcal/(Kg·°C)]: 0,9
Eficiencia del intercambiador: 0,8

Así tendremos que las necesidades energéticas de la instalación de agua caliente sanitaria serán las siguientes:



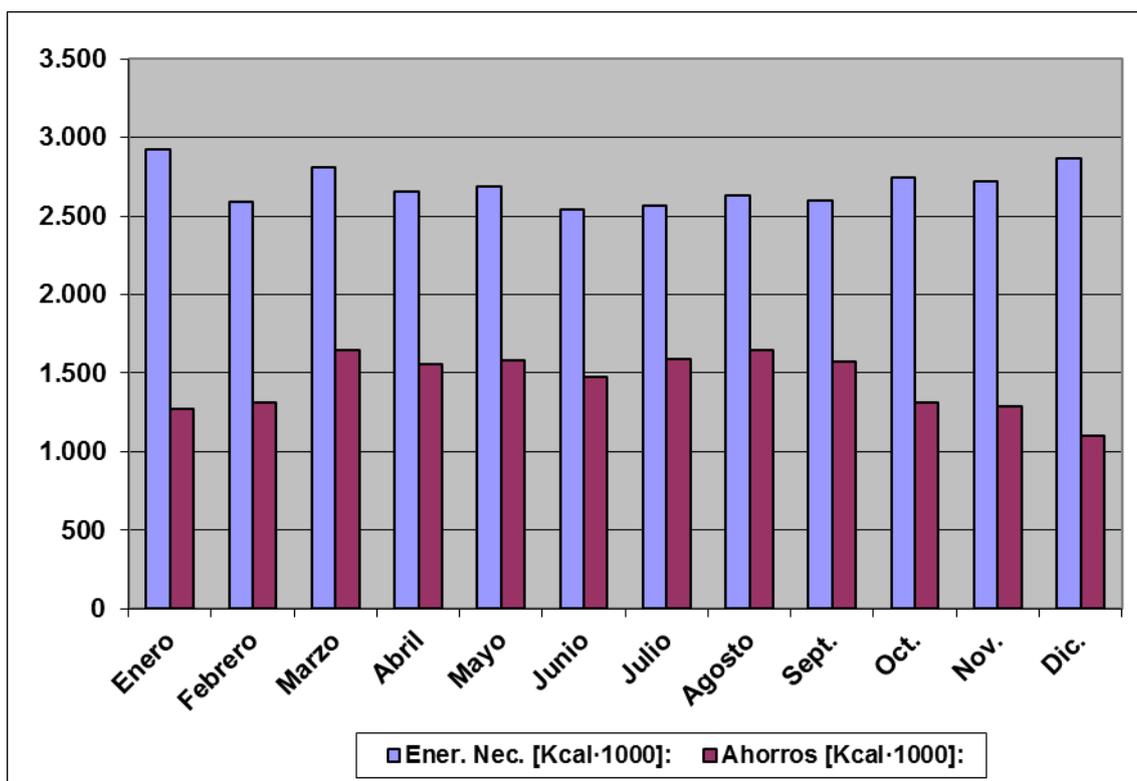


Figura 5.3.35. Energía necesaria para ACS y ahorros mediante aporte solar (MAE III).

### 5.3.17. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO MEDIANTE e+ SEGÚN MAE III.

#### 5.3.17.1.- CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA.

Realizada la simulación energética del edificio teniendo en cuenta los cambios introducidos obtenemos que la demanda total pasa a ser de 787.503,96 kWh con lo que se genera un aumento del consumo energético de más de un 8%.

Tabla 5.3.39. Consumo total de energía (MAE III).

	Energía Total (kWh)	Energía por superficie total del edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energía por superficie total climatizada del edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]
<b>TOTAL</b>	787.503,96	239,31	276,41

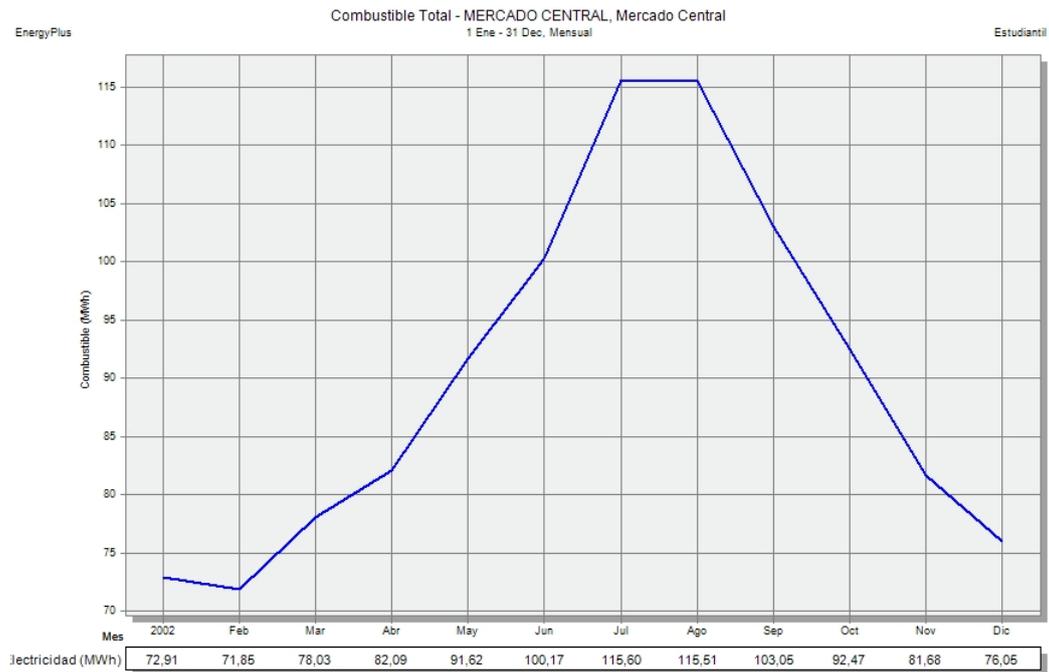


Figura 5.3.36. Distribución de consumo energético anual (MAE III).

### 5.3.17.2.- CONSUMOS POR USOS.

A continuación pasamos a desglosar los distintos consumos según los usos que encontramos en el edificio.

Tabla 5.3.40. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE III).

	Electricidad (kWh)	Refrigeración (kWh)	Calefacción (kWh)	ACS (kWh)
<b>Calefacción</b>	0.00	0.00	7652.93	0.00
<b>Refrigeración</b>	0.00	327879.64	0.00	0.00
<b>Iluminación interior</b>	147884.22	0.00	0.00	0.00
<b>Iluminación exterior</b>	21827.50	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos interiores</b>	263005.16	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos exteriores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Ventiladores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Bombas</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Humidificador</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Recuperador de calor</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Sistemas de agua</b>	0.00	0.00	0.00	19254.52
<b>Generadores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>432716.88</b>	<b>327879.64</b>	<b>7652.93</b>	<b>19254.52</b>

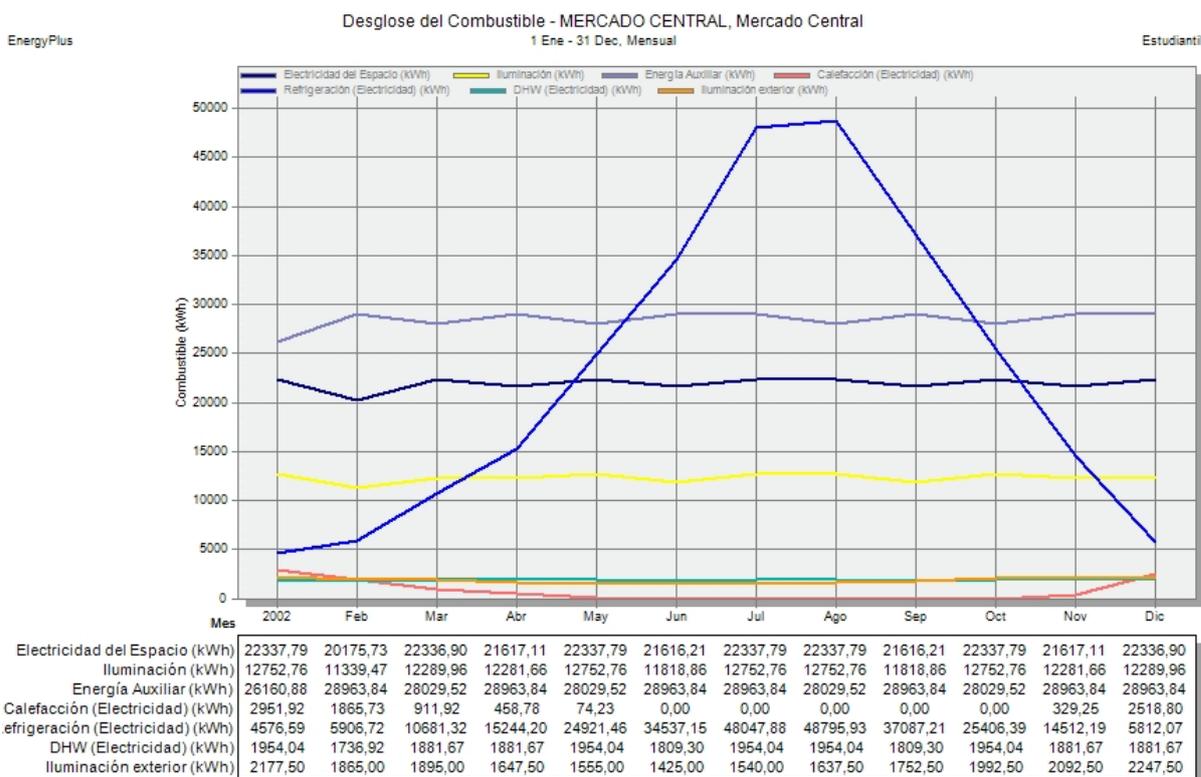


Figura 5.3.37. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE III).

En esta tabla tenemos desglosados los consumos por usos, y podemos ver como se produce un aumento del 8% de la demanda total energética en el edificio, éste aumento es debido principalmente al aumento de consumos generados en calefacción y refrigeración consecuencia del cambio del sistema de climatización, así tenemos que la refrigeración aumenta un 29% mientras que el consumo debido a la calefacción lo hace más del triple, amortiguándose este aumento consecuencia de la reducción de consumo en la generación de agua caliente sanitaria consecuencia del aporte de agua caliente mediante placas solares, disminuyendo un 50%. Quedando el nuevo reparto de consumos como sigue: Iluminación con 169.711,72 kWh que supone un 21,55%, Equipos con 263.005,16 kWh que supone un 33,39%, consumo por refrigeración con 327.879,64 kWh que supone un 41,63%, consumo por calefacción con 7.652,93 kWh que supone un 0,97% y consumo por agua caliente sanitaria con 19.254,52 kWh que supone un 2,46%.

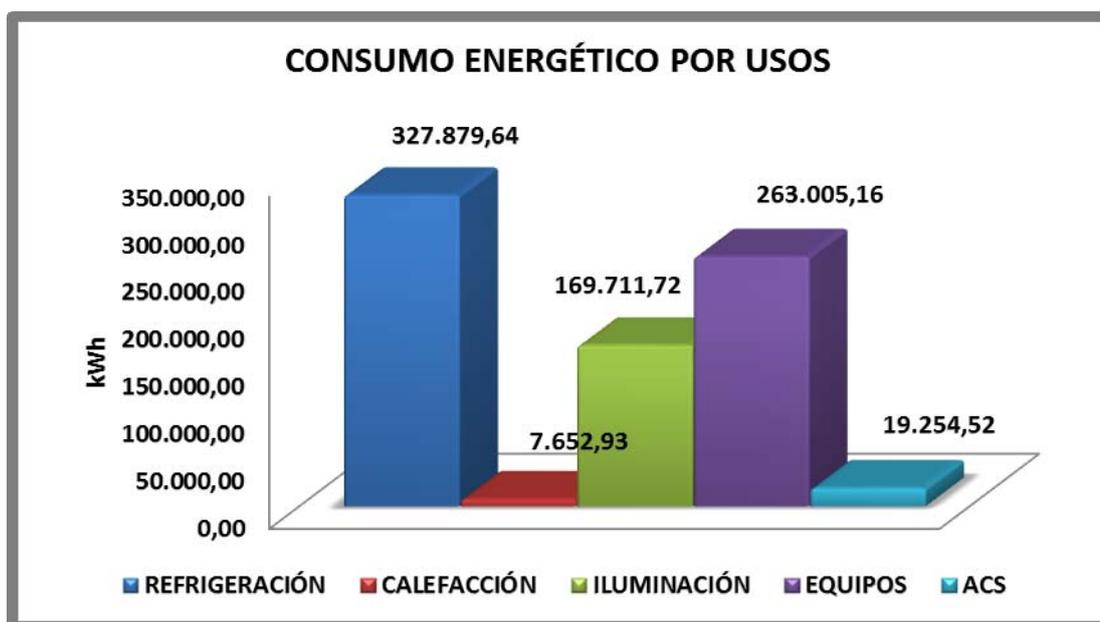


Figura 5.3.38. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE III).

### 5.3.17.3.- CONSUMOS POR ÁREA DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla representamos el consumo energético del edificio por metro cuadrado.

Tabla 5.3.41. Intensidad energética (MAE III).

	Intensidad Electricidad (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> )
<b>Iluminación</b>	51.57	0.00	0.00
<b>Climatización</b>	0.00	99.64	13.85
<b>Otros</b>	79.92	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>131.49</b>	<b>99.64</b>	<b>13.85</b>

**5.3.17.4.- CONSUMO MENSUAL DE ILUMINACIÓN Y EQUIPOS.**

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado producido por la instalación de iluminación así como la del resto de equipos eléctricos.

*Tabla 5.3.42. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE III).*

	<b>CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN INTERIOR [kWh]</b>	<b>CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN EXTERIOR [kWh]</b>	<b>CONSUMO ELÉCTRICO EQUIPOS [kWh]</b>
<b>Enero</b>	12752,76	2177,50	22337,80
<b>Febrero</b>	11339,47	1865,00	20175,73
<b>Marzo</b>	12289,96	1895,00	22336,90
<b>Abril</b>	12281,66	1647,50	21617,11
<b>Mayo</b>	12752,76	1555,00	22337,80
<b>Junio</b>	11818,86	1425,00	21616,22
<b>Julio</b>	12752,76	1540,00	22337,80
<b>Agosto</b>	12752,76	1637,50	22337,80
<b>Septiembre</b>	11818,86	1752,50	21616,22
<b>Octubre</b>	12752,76	1992,50	22337,80
<b>Noviembre</b>	12281,66	2092,50	21617,11
<b>Diciembre</b>	12289,96	2247,50	22336,90
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>147884,22</b>	<b>21827,50</b>	<b>263005,16</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	11339,47	1425,00	20175,73
<b>MÁXIMO MES</b>	12752,76	2247,50	22337,80

**5.3.17.5.- CONSUMO MENSUAL DE REFRIGERACIÓN, CALEFACCIÓN Y ACS.**

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado de las instalaciones de refrigeración, calefacción y agua caliente sanitaria del edificio.

Tabla 5.3.43. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE III).

	CONSUMO ELÉCTRICO REFRIGERACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO CALEFACCIÓN Y ACS [kWh]
Enero	5446,15	4140,54
Febrero	7029,00	3043,60
Marzo	12710,77	2365,43
Abril	18140,60	1984,79
Mayo	29656,53	1723,29
Junio	41099,21	1537,90
Julio	57176,98	1660,93
Agosto	58067,16	1660,93
Septiembre	44133,77	1537,90
Octubre	30233,61	1660,93
Noviembre	17269,51	1875,99
Diciembre	6916,36	3715,21
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>327879,64</b>	<b>26907,45</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	2446,15	1537,90
<b>MÁXIMO MES</b>	58067,16	4140,54

5.3.17.6.- PRODUCCIÓN DE CO<sub>2</sub>.

Se obtiene una producción de kg. de CO<sub>2</sub> generados por las instalaciones expresado mensualmente y acumulado al año en la siguiente tabla.

Tabla 5.3.44. Producción mensual de CO<sub>2</sub> (MAE III).

MES	CONSUMO CO <sub>2</sub> (Kg)
ENERO	49944,37
FEBRERO	49219,59
MARZO	53448,01
ABRIL	56234,91
MAYO	62762,99
JUNIO	68616,70
JULIO	79183,47
AGOSTO	79122,66
SEPTIEMBRE	70587,83
OCTUBRE	63344,00
NOVIEMBRE	55949,57
DICIEMBRE	52094,75
<b>TOTAL</b>	<b>740.508,45</b>

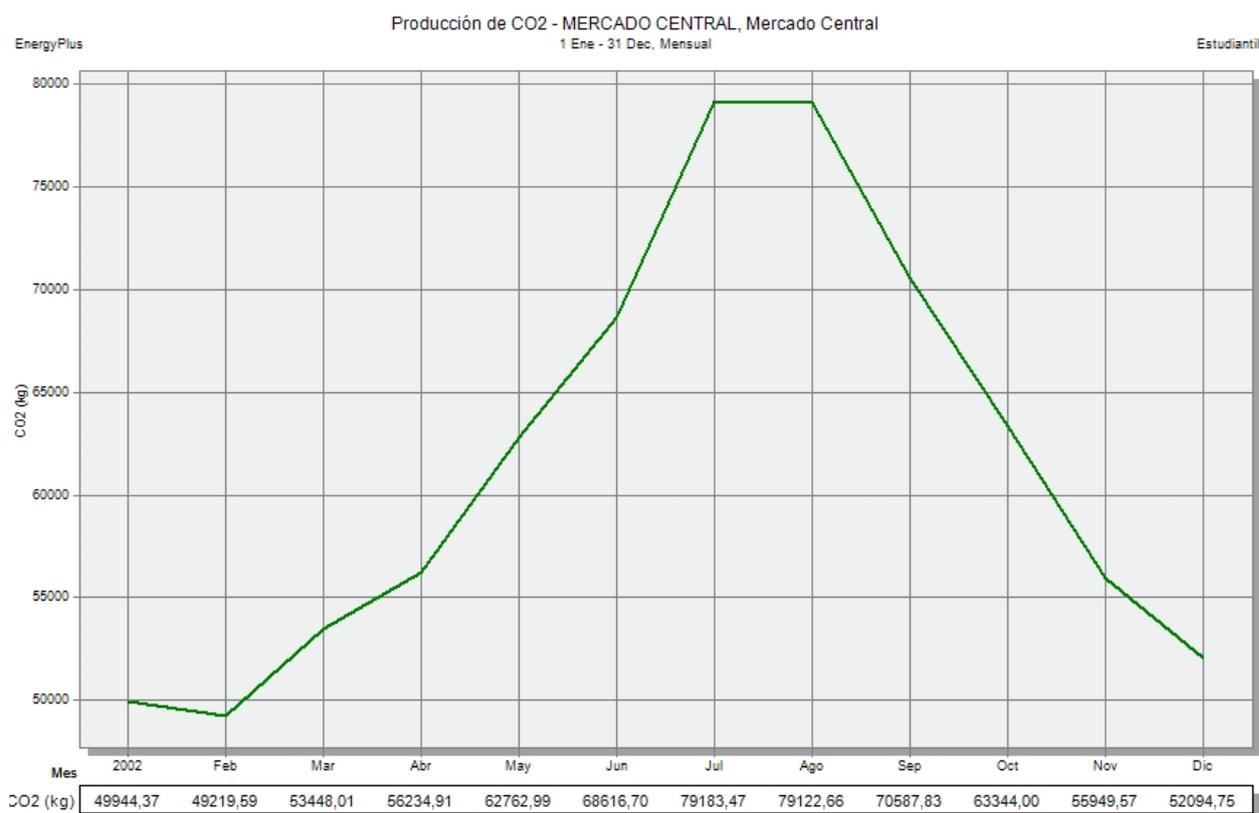


Figura 5.3.39. Distribución de producción de CO<sub>2</sub> anual (MAE III).

#### 5.3.17.7.- RESUMEN DE RESULTADO OBTENIDOS.

En resumen tendremos los siguientes resultados en lo referente a consumo energético expresado en kWh, coste económico consecuencia del consumo energético, e impacto ambiental expresado en kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> en un año natural.

**Consumo energético: 787.503,96 kWh.**

**Coste económico: 59.231,32 € (energía) + 29.034,00 (potencia) = 88.265,32 €.**

**Impacto ambiental: 2266,39 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>.**

#### 5.3.18. DISTRIBUCIÓN DE MEJORAS APLICADAS.

Partiendo del edificio modelo una vez realizada su simulación energética obtenemos resultados muy cercanos a los consumos reales según datos obtenidos de facturación, estudiando donde se generan los mayores consumos en función de los distintos sistemas con los que consta el edificio decidimos aplicar una serie de actuaciones para mejorar la eficiencia energética y conseguir ahorros. En concreto la primera mejora a llevar a cabo va destinada a reducir la demanda energética del edificio mediante la aplicación en la cubierta de un tratamiento que disminuye el efecto de la radiación solar, a través de esta mejora se consigue cierto ahorro sobre el consumo generado por la instalación de refrigeración. En segundo lugar actuamos directamente sobre la potencia instalada en iluminación interior cambiando los equipos de iluminación por unos con tecnología led, a través de ésta medida se obtienen ahorros importantes. Por último actuamos sobre la instalación de climatización cambiando el sistema actual de volumen de aire variable (VAV) por uno que utilice caudales de aire constante (VAC) para mejorar el rendimiento de los equipos, ésta actuación genera mayores consumo lo que nos indica que sería más eficiente la instalación inicial, para amortiguar el aumento de consumo generado por el cambio de sistema de climatización introducimos la instalación de energías renovables mediante captadores solares para el calentamiento de agua generando un ahorro significativo.

Todas estas actuaciones llevadas a cabo se realizan teniendo en cuenta el uso del edificio así como sus condiciones de habitabilidad, bienestar y las condiciones laborales.

Una vez obtenidos los resultados de las simulaciones energéticas del edificio en todas estas situaciones procedemos a realizar un estudio de las consecuencias de éstas así como cual sería el resultado en el caso de agrupar las mejoras indicadas para conseguir el edificio más eficiente energéticamente.

### 5.3.19. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO MEDIANTE e+ SEGÚN MAE I + MAE II.

Así en primer caso sobre el edificio modelo le aplicaremos las medidas de ahorro y eficiencia energética que afectan directamente a la disminución de la radiación solar y a la iluminación (MAE I + MAE II), sabiendo que ambas generan ahorros, de manera que los resultados seguramente nos muestren un edificio energéticamente más eficiente, obteniendo los siguientes resultados.

#### 5.3.19.1.- CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA.

Realizada la simulación energética del edificio teniendo en cuenta los cambios introducidos para mejorar sus consumos obtenemos que la demanda total pasa a ser de 590.225,34 kWh con lo que se ha conseguido disminuir un 19% el consumo energético.

Tabla 5.3.45. Consumo total de energía (MAE I + MAE II).

	Energía Total (kWh)	Energía por superficie total del edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energía por superficie total climatizada del edificio [kWh/m <sup>2</sup> ]
<b>TOTAL</b>	590.225,34	179,36	207,17

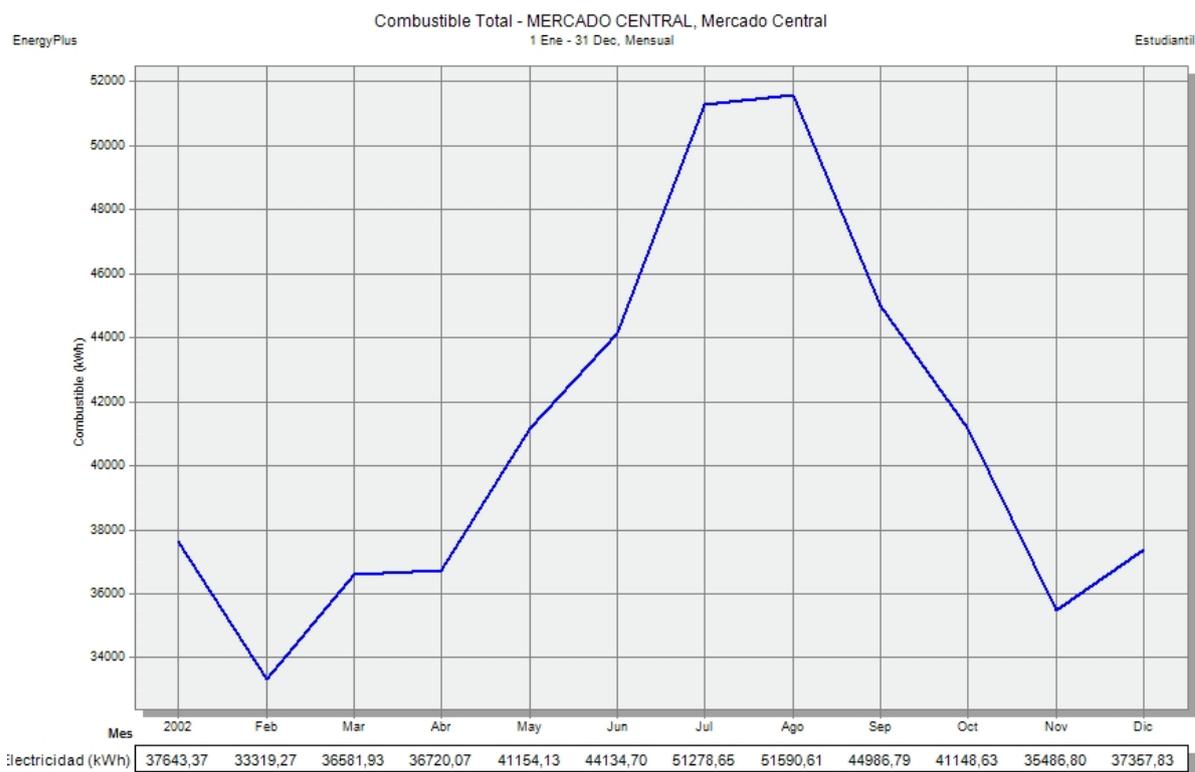


Figura 5.3.40. Distribución de consumo energético anual (MAE I+ MAE II).

### 5.3.19.2.- CONSUMOS POR USOS.

A continuación pasamos a desglosar los distintos consumos según los usos que encontramos en el edificio.

Tabla 5.3.46. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II).

	<b>Electricidad (kWh)</b>	<b>Refrigeración (kWh)</b>	<b>Calefacción (kWh)</b>	<b>ACS (kWh)</b>
<b>Calefacción</b>	0.00	0.00	6084.02	0.00
<b>Refrigeración</b>	0.00	201883.39	0.00	0.00
<b>Iluminación interior</b>	59485.44	0.00	0.00	0.00
<b>Iluminación exterior</b>	21827.50	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos interiores</b>	263005.16	0.00	0.00	0.00
<b>Equipos exteriores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Ventiladores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Bombas</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Humidificador</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Recuperador de calor</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Sistemas de agua</b>	0.00	0.00	0.00	37939.8
<b>Generadores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>344318.10</b>	<b>201883.39</b>	<b>6084.02</b>	<b>37939.8</b>

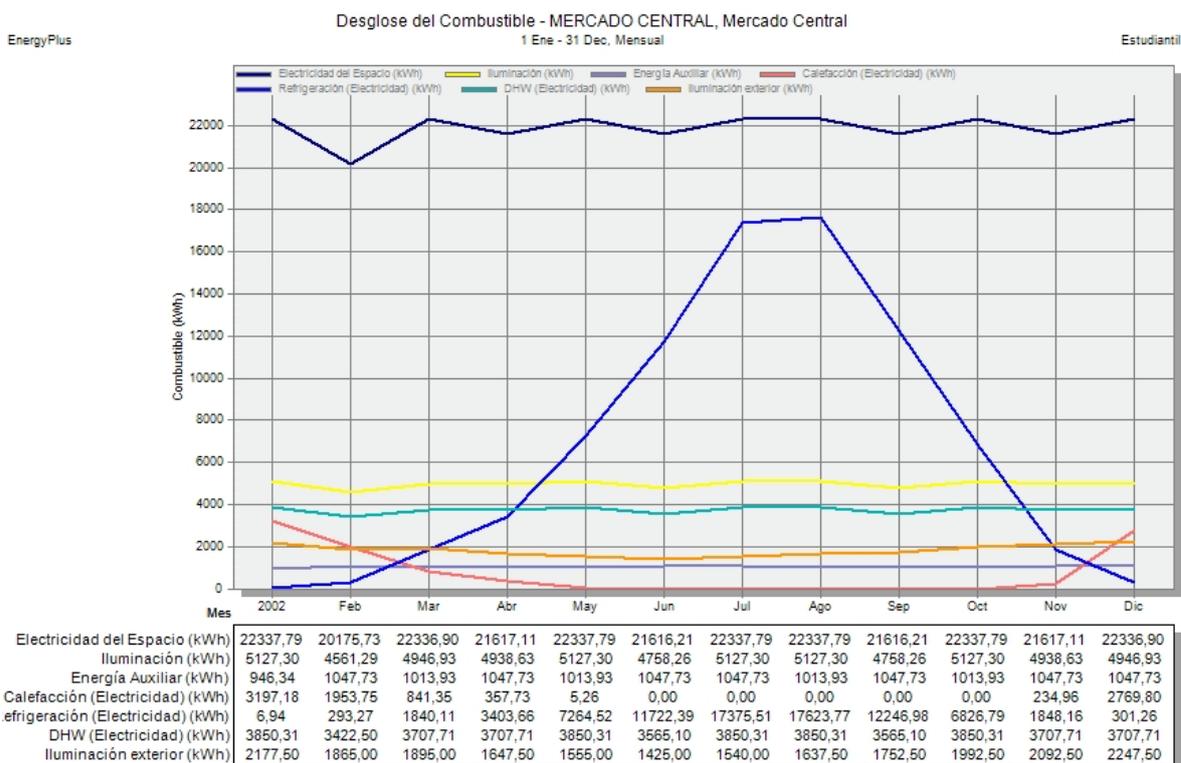


Figura 5.3.41. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE I + MAE II).

En esta tabla tenemos desglosados los consumos por usos, y podemos ver como en la reducción del 19% de la demanda total energética, la reducción principal ha sido la de iluminación, resultado esperado ya se actúa directamente sobre la potencia instalada del edificio, también se produce un pequeño ahorro en la demanda térmica influyendo directamente en el consumo de refrigeración. Quedando el nuevo reparto de consumos como sigue: Iluminación con 81.312,94 kWh que supone un 13,78%, Equipos con 263.005,16 kWh que supone un 44,56%, consumo por refrigeración con 201.883,39 kWh que supone un 34,20%, consumo por calefacción con 6.084,02 kWh que supone un 1,03% y consumo por agua caliente sanitaria con 37.939,84 kWh que supone un 6,43%.

En el diagrama siguiente observamos como el consumo producido por la iluminación disminuye bastante en relación con los del resto del edificio.



Figura 5.3.42. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II).

### 5.3.19.3.- CONSUMOS POR ÁREA DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla representamos el consumo energético del edificio por metro cuadrado.

Tabla 5.3.47. Intensidad energética (MAE I + MAE II).

	Intensidad Electricidad (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> )	Intensidad Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> )
Iluminación	24.71	0.00	0.00
Climatizació	0.00	61.35	13.38
Otros	79.92	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>104.63</b>	<b>61.35</b>	<b>13.38</b>

**5.3.19.4.- CONSUMO MENSUAL DE ILUMINACIÓN Y EQUIPOS.**

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado producido por la instalación de iluminación interior así como la del resto de equipos eléctricos.

*Tabla 5.3.48. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE I + MAE II).*

	<b>CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN INTERIOR [kWh]</b>	<b>CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN EXTERIOR [kWh]</b>	<b>CONSUMO ELÉCTRICO EQUIPOS [kWh]</b>
<b>Enero</b>	5127,30	2177,50	22337,80
<b>Febrero</b>	4561,29	1865,00	20175,73
<b>Marzo</b>	4946,93	1895,00	22336,90
<b>Abril</b>	4938,63	1647,50	21617,11
<b>Mayo</b>	5127,30	1555,00	22337,80
<b>Junio</b>	4758,26	1425,00	21616,22
<b>Julio</b>	5127,30	1540,00	22337,80
<b>Agosto</b>	5127,30	1637,50	22337,80
<b>Septiembre</b>	4758,26	1752,50	21616,22
<b>Octubre</b>	5127,30	1992,50	22337,80
<b>Noviembre</b>	4938,63	2092,50	21617,11
<b>Diciembre</b>	4946,93	2247,50	22336,90
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>59485,44</b>	<b>21827,50</b>	<b>263005,16</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	4561,29	1425,00	20175,73
<b>MÁXIMO MES</b>	5127,30	2247,50	22337,80

**5.3.19.5.- CONSUMO MENSUAL DE REFRIGERACIÓN, CALEFACCIÓN Y ACS.**

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado de las instalaciones de refrigeración y calefacción del edificio.

Tabla 5.3.49. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE I + MAE II).

	CONSUMO ELÉCTRICO REFRIGERACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO CALEFACCIÓN Y ACS [kWh]
Enero	17,35	5350,93
Febrero	733,18	4179,06
Marzo	4600,29	3698,43
Abril	8509,15	3384,08
Mayo	18161,29	3276,19
Junio	29305,97	3030,34
Julio	43438,78	3272,77
Agosto	44059,43	3272,77
Septiembre	30617,44	3030,34
Octubre	17066,96	3272,77
Noviembre	4620,39	3304,28
Diciembre	753,15	4951,92
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>201883,39</b>	<b>44023,86</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	17,35	3030,34
<b>MÁXIMO MES</b>	44059,43	5350,93

5.3.19.6.- PRODUCCIÓN DE CO<sub>2</sub>.

Se obtiene una producción de kg. de CO<sub>2</sub> generados por las instalaciones expresado mensualmente y acumulado al año en la siguiente tabla.

Tabla 5.3.50. Producción mensual de CO<sub>2</sub> (MAE I + MAE II).

MES	CONSUMO CO <sub>2</sub> (Kg)
ENERO	25785,71
FEBRERO	22823,70
MARZO	25058,63
ABRIL	25153,25
MAYO	28190,58
JUNIO	30232,27
JULIO	35125,88
AGOSTO	35339,57
SEPTIEMBRE	30815,95
OCTUBRE	28186,81
NOVIEMBRE	24308,46
DICIEMBRE	25590,12
<b>TOTAL</b>	<b>336.610,93</b>

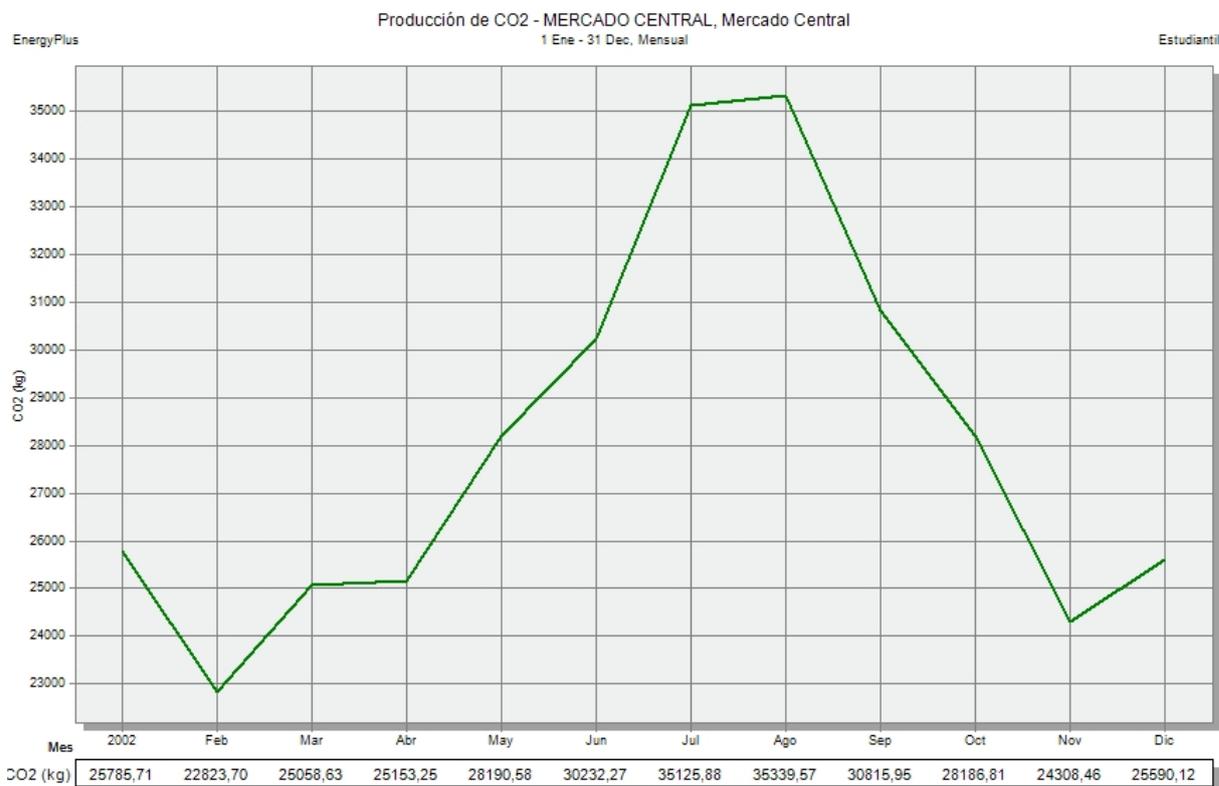


Figura 5.3.43. Distribución de producción de CO<sub>2</sub> anual (MAE I + MAE II).

5.3.19.7.- RESUMEN DE RESULTADO OBTENIDOS.

En resumen tendremos los siguientes resultados en lo referente a consumo energético expresado en kWh, coste económico consecuencia del consumo energético, e impacto ambiental expresado en kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> en un año natural.

**Consumo energético: 590.225,35 kWh.**

**Coste económico: 44.393,21 € (energía) + 29.034,00 (potencia) = 73.427,21 €.**

**Impacto ambiental: 102,91 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>.**

**5.3.20. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO MEDIANTE e+ SEGÚN MAE I + MAE II + MAE III.**

Pasamos ahora a aplicar al mismo tiempo todas las mejoras propuestas al edificio para ver como quedarían los consumos energéticos, obteniendo los resultados que siguen.

5.3.20.1.- CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA.

Realizada la simulación energética del edificio teniendo en cuenta los cambios introducidos para mejorar sus consumos obtenemos que la demanda total pasa a ser de 580.458,75 kWh con lo que se produce una reducción del consumo energético total de un 20%.

*Tabla 5.3.51. Consumo total de energía (MAE I + MAE II + MAE III).*

	<b>Energía Total (kWh)</b>	<b>Energía por superficie total del edificio [kWh/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Energía por superficie total climatizada del edificio [kWh/m<sup>2</sup>]</b>
<b>TOTAL</b>	580.458,75	176,39	203,74

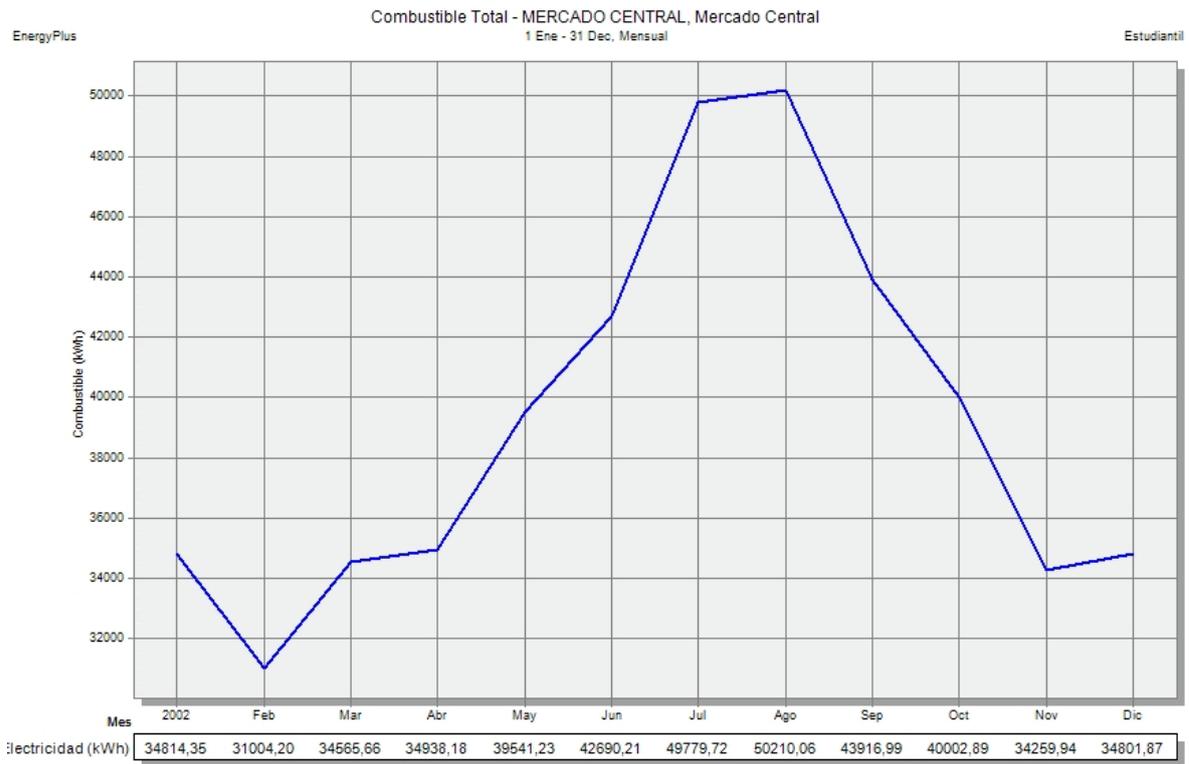


Figura 5.3.44. Distribución de consumo energético anual (MAE I + MAE II + MAE III).

### 5.3.20.2.- CONSUMOS POR USOS.

A continuación pasamos a desglosar los distintos consumos según los usos que encontramos en el edificio.

Tabla 5.3.52. Distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II + MAE III).

	Electricidad (kWh)	Refrigeración (kWh)	Calefacción (kWh)	ACS (kWh)
Calefacción	0.00	0.00	3921.23	0.00
Refrigeración	0.00	212964.91	0.00	0.00
Iluminación interior	59485.44	0.00	0.00	0.00
Iluminación exterior	21827.50	0.00	0.00	0.00
Equipos interiores	26305.16	0.00	0.00	0.00
Equipos exteriores	0.00	0.00	0.00	0.00
Ventiladores	0.00	0.00	0.00	0.00
Bombas	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidificador	0.00	0.00	0.00	0.00
Recuperador de calor	0.00	0.00	0.00	0.00
Sistemas de agua	0.00	0.00	0.00	19254.52
Generadores	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>344318.10</b>	<b>212964.91</b>	<b>3921.23</b>	<b>19254.52</b>

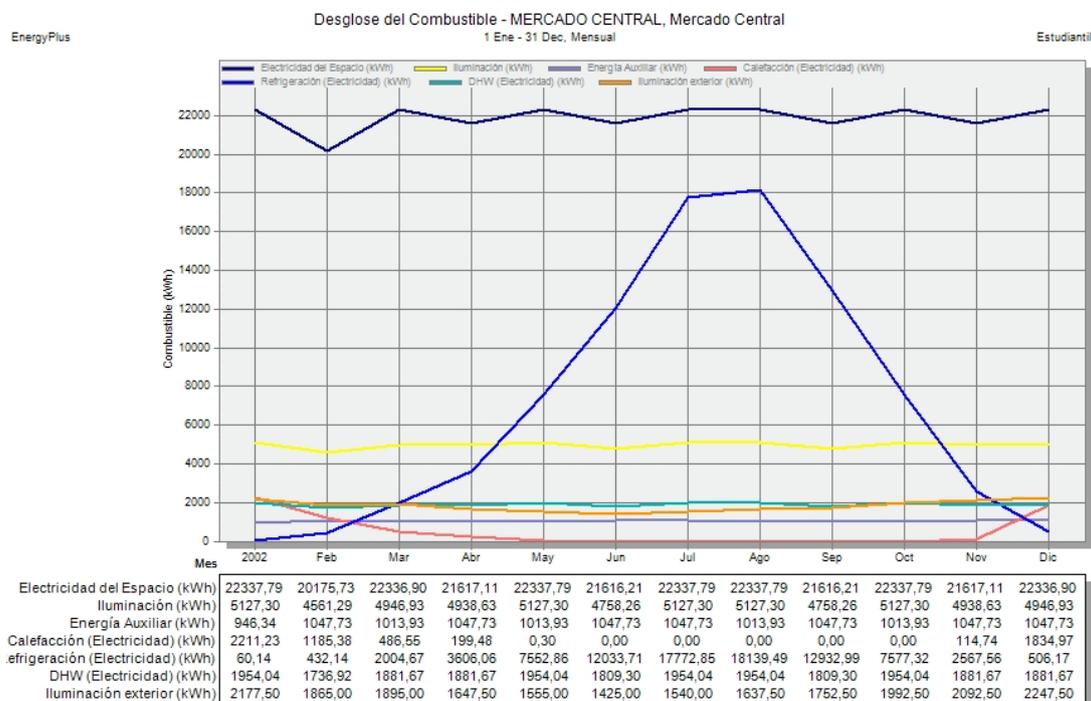


Figura 5.3.45. Distribución de consumos energéticos por usos anual (MAE I + MAE II + MAE III).

En esta tabla tenemos desglosados los consumos por usos, y podemos ver como se produce una reducción del consumo del 20% principalmente debido éste ahorro a la disminución de potencia instalada en iluminación, aunque también se producen disminuciones de consumo en producción de agua caliente sanitaria consecuencia de la instalación de placas solares así como una pequeña disminución en el consumo de refrigeración motivo del aislamiento de la cubierta del edificio. Quedando el nuevo reparto de consumos como sigue: Iluminación con 81.312,94 kWh que supone un 14,01%, Equipos con 263.005,16 kWh que supone un 45,31%, consumo por refrigeración con 212.964,91 kWh que supone un 36,69%, consumo por calefacción con 3.921,23 kWh que supone un 0,68% y consumo por agua caliente sanitaria con 19.254,52 kWh que supone un 3,31%.

En el diagrama siguiente observamos como el consumo producido por la calefacción sufre un gran aumento siendo el mayor de todos los planteados hasta el momento.

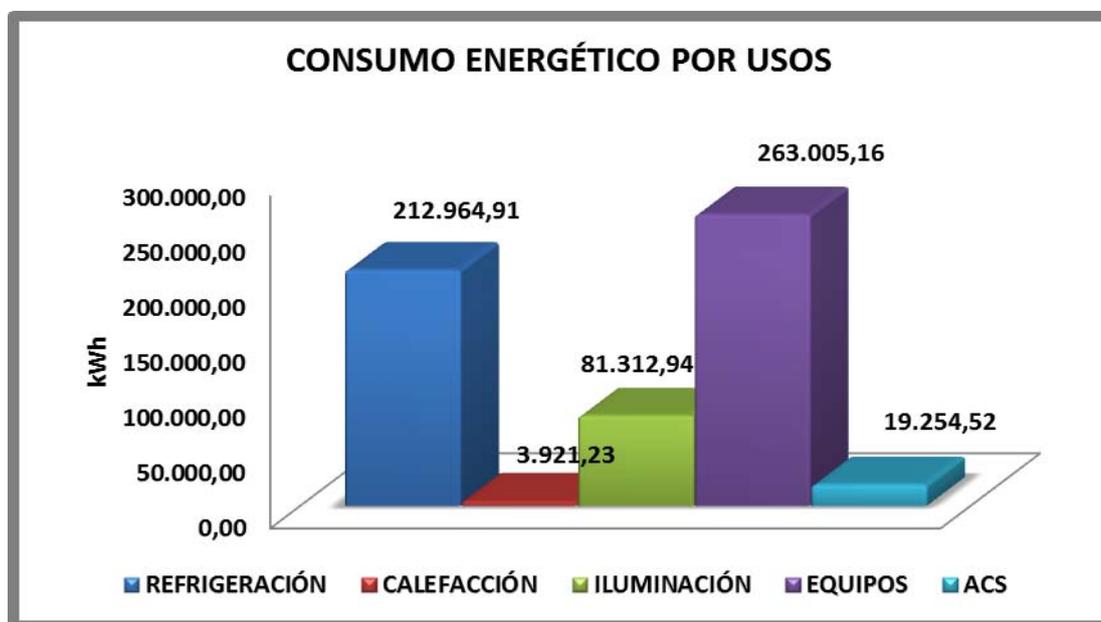


Figura 5.3.46. Diagrama de barras de distribución de consumos energéticos por usos (MAE I + MAE II + MAE III).

5.3.20.3.- CONSUMOS POR ÁREA DEL EDIFICIO.

En la siguiente tabla representamos el consumo energético del edificio por metro cuadrado.

*Tabla 5.3.53. Intensidad energética (MAE I + MAE II + MAE III).*

	<b>Intensidad Electricidad (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Intensidad Refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Intensidad Calefacción (kWh/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Iluminación</b>	24.71	0.00	0.00
<b>Climatizació</b>	0.00	64.72	7.04
<b>Otros</b>	79.92	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>104.63</b>	<b>64.72</b>	<b>7.04</b>

5.3.20.4.- CONSUMO MENSUAL DE ILUMINACIÓN Y EQUIPOS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado producido por la instalación de iluminación interior así como la del resto de equipos eléctricos.

Tabla 5.3.54. Consumo energético mensual de iluminación y equipos (MAE I + MAE II + MAE III).

	CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN INTERIOR [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN EXTERIOR [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO EQUIPOS [kWh]
Enero	5127,30	2177,50	22337,80
Febrero	4561,29	1865,00	20175,73
Marzo	4946,93	1895,00	22336,90
Abril	4938,63	1647,50	21617,11
Mayo	5127,30	1555,00	22337,80
Junio	4758,26	1425,00	21616,22
Julio	5127,30	1540,00	22337,80
Agosto	5127,30	1637,50	22337,80
Septiembre	4758,26	1752,50	21616,22
Octubre	5127,30	1992,50	22337,80
Noviembre	4938,63	2092,50	21617,11
Diciembre	4946,93	2247,50	22336,90
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>59485,44</b>	<b>21827,50</b>	<b>263005,16</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	4561,29	1425,00	20175,73
<b>MÁXIMO MES</b>	5127,30	2247,50	22337,80

#### 5.3.20.5.- CONSUMO MENSUAL DE REFRIGERACIÓN, CALEFACCIÓN Y ACS.

En la siguiente tabla se desglosa el consumo mensual y acumulado de las instalaciones de refrigeración y calefacción del edificio.

Tabla 5.3.55. Consumo energético mensual de refrigeración, calefacción y ACS (MAE I + MAE II + MAE III).

	CONSUMO ELÉCTRICO REFRIGERACIÓN [kWh]	CONSUMO ELÉCTRICO CALEFACCIÓN Y ACS [kWh]
<b>Enero</b>	150,34	3098,23
<b>Febrero</b>	1080,36	2246,88
<b>Marzo</b>	5011,68	1915,67
<b>Abril</b>	9015,14	1729,08
<b>Mayo</b>	18882,15	1661,13
<b>Junio</b>	30084,27	1537,90
<b>Julio</b>	44432,12	1660,93
<b>Agosto</b>	45348,73	1660,93
<b>Septiembre</b>	32332,48	1537,90
<b>Octubre</b>	18943,30	1660,93
<b>Noviembre</b>	6418,91	1674,00
<b>Diciembre</b>	1265,42	2792,15
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>212964,91</b>	<b>23175,75</b>
<b>MÍNIMO MES</b>	150,34	1537,90
<b>MÁXIMO MES</b>	45348,73	3098,23

5.3.20.6.- PRODUCCIÓN DE CO<sub>2</sub>.

Se obtiene una producción de kg. de CO<sub>2</sub> generados por las instalaciones expresado mensualmente y acumulado al año en la siguiente tabla.

Tabla 5.3.56. Producción mensual de CO<sub>2</sub> (MAE I + MAE II + MAE III).

MES	CONSUMO CO <sub>2</sub> (Kg)
ENERO	23.847,83
FEBRERO	21.237,88
MARZO	23.677,47
ABRIL	23.932,65
MAYO	27.085,74
JUNIO	29.242,79
JULIO	34.099,11
AGOSTO	34.393,89
SEPTIEMBRE	30.083,14
OCTUBRE	27.401,98
NOVIEMBRE	23.468,06
DICIEMBRE	23.839,28
<b>TOTAL</b>	<b>322.309,82</b>

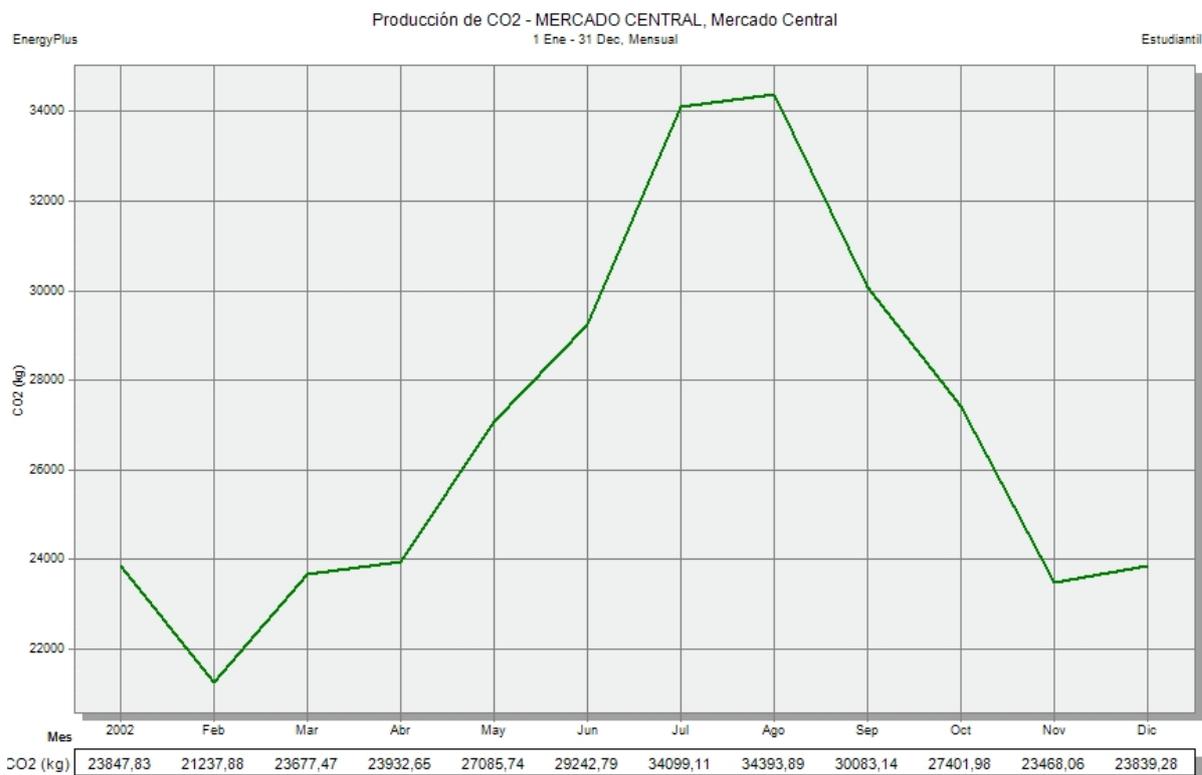


Figura 5.3.47. Distribución de producción de CO<sub>2</sub> anual (MAE I + MAE II + MAE III).

#### 5.3.20.7.- RESUMEN DE RESULTADO OBTENIDOS.

En resumen tendremos los siguientes resultados en lo referente a consumo energético expresado en kWh, coste económico consecuencia del consumo energético, e impacto ambiental expresado en kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> en un año natural.

**Consumo energético: 580.458,75 kWh.**

**Coste económico: 43.658,62 € (energía) + 29.034,00 (potencia) = 72.692,62 €.**

**Impacto ambiental: 98,532 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>.**

#### 5.3.21.- ANÁLISIS DE RESULTADOS DE SIMULACIONES ENERGÉTICAS.

##### 5.3.21.1.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Una vez realizados todos los cálculos de las diferentes hipótesis planteadas procedemos al análisis de los mismos comparando como afectan las distintas mejoras planteadas, de forma independiente y de forma combinada, a los consumos energéticos del edificio modelo tanto de forma global como a sus distintos usos, también analizaremos la influencia directa sobre la producción de kg. de CO<sub>2</sub> en las distintas situaciones.

##### 5.3.21.2.- CONSUMO ENERGÉTICO TOTAL.

Tras la simulación del edificio modelo obtenemos un consumo energético de 726.549,26 kWh, para optimizar el consumo desarrollamos unas Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética (MAE) que actúan en distintos parámetros del edificio en concreto con la primera medida intentamos reducir la demanda del edificio de manera que disminuye el consumo debido a refrigeración mediante la reducción del efecto de la radiación solar sobre la cubierta del edificio (MAE I), mediante esta medida obtenemos un ahorro del 3,5%. La segunda medida llevada a cabo es la reducción de la potencia instalada en la iluminación interior del edificio a través de la sustitución de los equipos actuales por unos con tecnología led (MAE II), a través de esta medida si obtenemos ahorros importantes, del orden del 17,5%. La última medida va encaminada a generar ahorros con el cambio del sistema de climatización pasando de

un sistema de volumen de aire variable (VAV) a uno de volumen de aire constante (VAC) y la aportación energías renovables al calentamiento de agua caliente sanitaria, esta medida nos generan un aumento del consumo en torno al 8%, por lo que sería mejor dejar el sistema actual sin hacer cambios en la climatización.

Una vez analizadas las tres medidas llevadas a cabo, para optimizar el consumo energético del edificio obteniendo el más eficiente conjugando las medidas de ahorro aplicadas, se implementan las dos primeras que son las que han generado disminución en los consumos energéticos (MAE I + MAE II), obteniendo una disminución del 18%, mediante la aplicación de las tres medidas conjuntamente (MAE I + MAE II + MAE III) se llega a un ahorro del 20%, el mayor ahorro de todos los escenarios posibles.

En el siguiente diagrama de barras observamos los consumos energéticos del edificio según las medidas aplicadas.

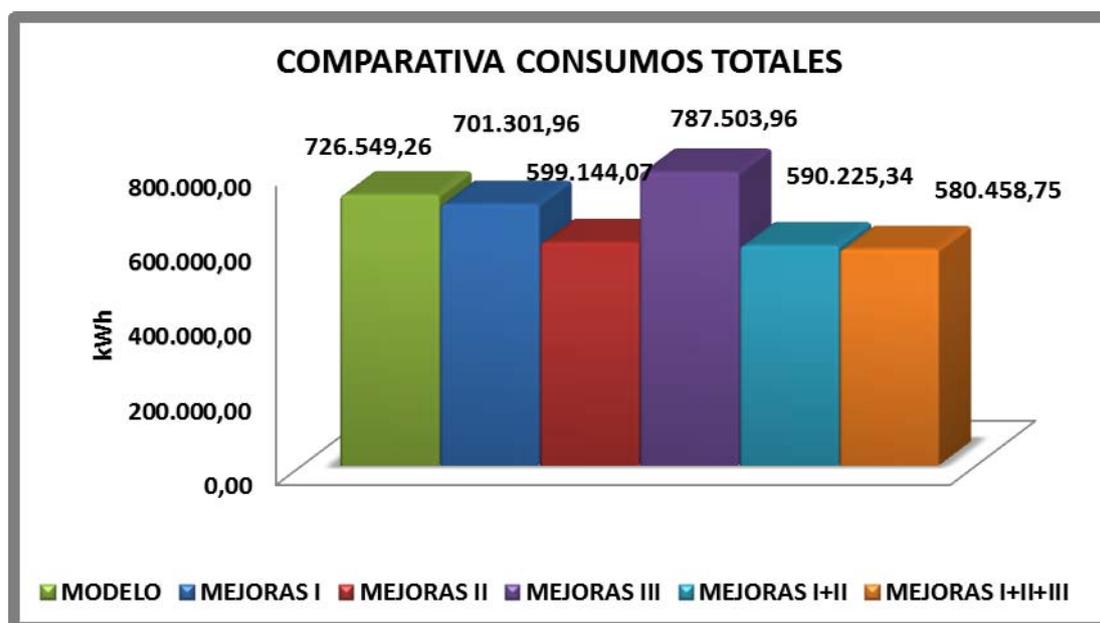


Figura 5.3.48. Diagrama de barras comparativo del consumo energético total.

### 5.3.21.3.- CONSUMO ENERGÉTICO DE CALEFACCIÓN.

Analizando los consumos de calefacción del edificio observamos que el modelo tiene un consumo muy bajo de 2.674,09 kWh al año, en comparación con el resto de usos, dentro de la poca influencia de estos valores en los consumos totales del edificio,

vemos que al aplicarle la primera de las mejoras disminuyendo la radiación solar sobre la cubierta (MAE I), el consumo aumenta prácticamente el doble. Mediante la disminución de la potencia instalada en iluminación (MAE II) así como con el cambio del sistema de climatización y aporte de energía solar al agua caliente sanitaria (MAE III) no se producen variaciones significativas en el consumo.

Al aplicarle al edificio MAE I y MAE II se produce una variación en el consumo al alza, cuando le introducimos todas las mejoras a la vez el consumo aumenta pero no significativamente. De manera que a nivel de consumos de calefacción vemos como el modelo es el más eficiente de todos las simulaciones realizadas.

En el siguiente diagrama podemos observar los consumos de calefacción del edificio para las distintas situaciones propuestas.

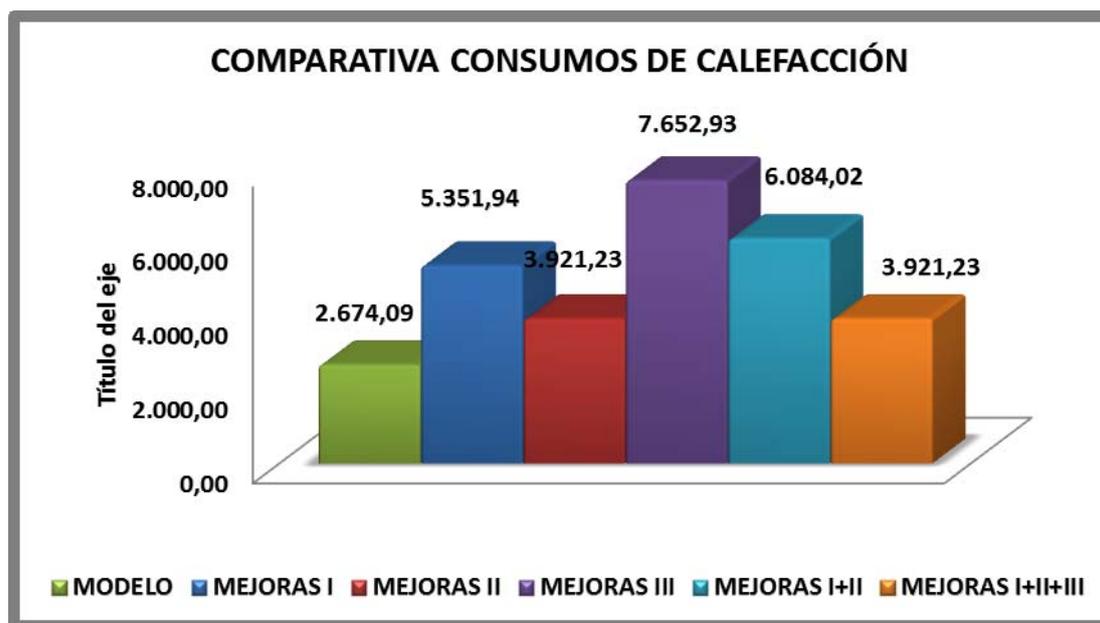


Figura 5.3.49. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de calefacción.

#### 5.3.21.4.- CONSUMO ENERGÉTICO DE REFRIGERACIÓN.

En lo referente al consumo energético del edificio para la refrigeración partiendo del modelo con 253.218,45 kWh al año, tenemos que mediante la mejora de la reducción de radiación solar en cubierta (MAE I) y la reducción de potencia de iluminación interior (MAE II) se generan ahorros energéticos del orden del 11% y 15%

respectivamente, aunque al aplicar ambas medidas conjuntamente obtenemos un ahorro energético en refrigeración en torno al 20%. Por otra parte a través de la mejora de variación del sistema de climatización y aporte de energía solar al agua caliente sanitaria (MAE III) se genera un aumento de consumo del 29%. Al aplicar todas las medidas de manera conjunta se produce una reducción de consumo energético del orden del 11%.

En el siguiente diagrama observamos la evolución del consumo energético en lo referente a la refrigeración.

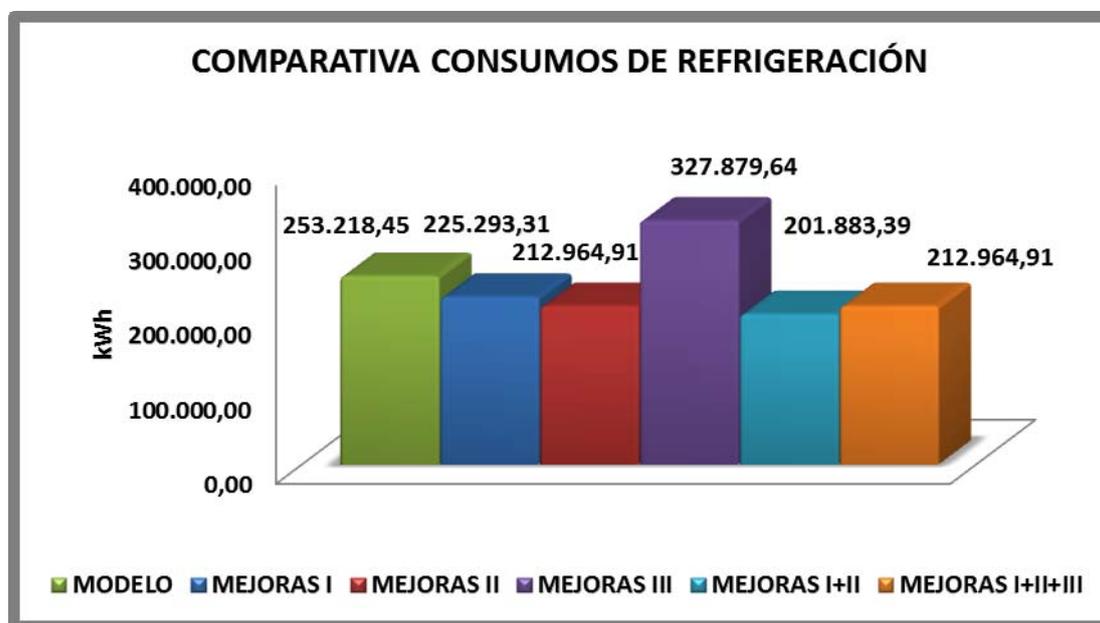


Figura 5.3.50. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de refrigeración.

#### 5.3.21.5.- CONSUMO ENERGÉTICO DE ILUMINACIÓN.

En lo que respecta al consumo generado en el edificio por la iluminación interior de 169.711,72 kWh al año, observamos que únicamente se produce un ahorro significativo al llevar a cabo la reducción de potencia instalada en iluminación interior (MAE II) llegando a un ahorro del 52% en éste ámbito. No hay variaciones en el resto de hipótesis excepto cuando se incluye ésta mejora combinada con otras obteniéndose entonces los mismos ahorros de aproximadamente un 52%.

En el diagrama de barras siguiente observamos la evolución de consumos energéticos.

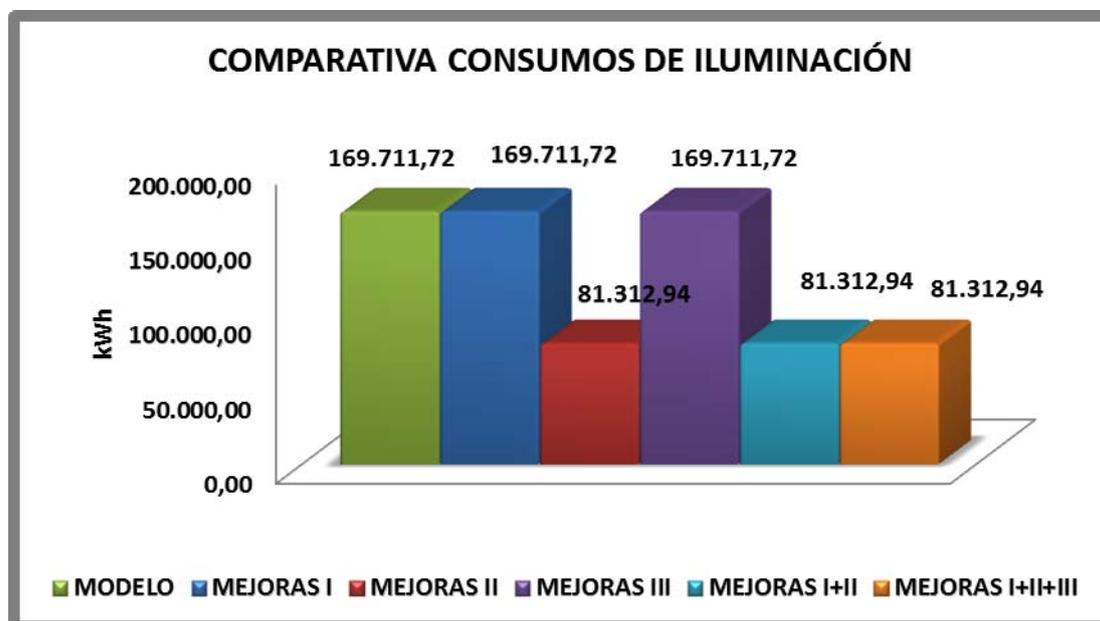


Figura 5.3.51. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de iluminación.

#### 5.3.21.6.- CONSUMO ENERGÉTICO DE EQUIPOS.

En lo que respecta al consumo energético generado en los equipos instalados en el edificio no se produce ningún ahorro con ninguna de las medidas descritas, se mantienen constantes, esto es debido a que el consumo de los equipos es el generado por las cámaras frigoríficas y demás equipos de refrigeración con los que cuentan los puestos de venta del mercado cuyo funcionamiento es el mismo indistintamente de las medidas de ahorro implementadas.

En el diagrama adjunto se observa la evolución de consumos de equipos.

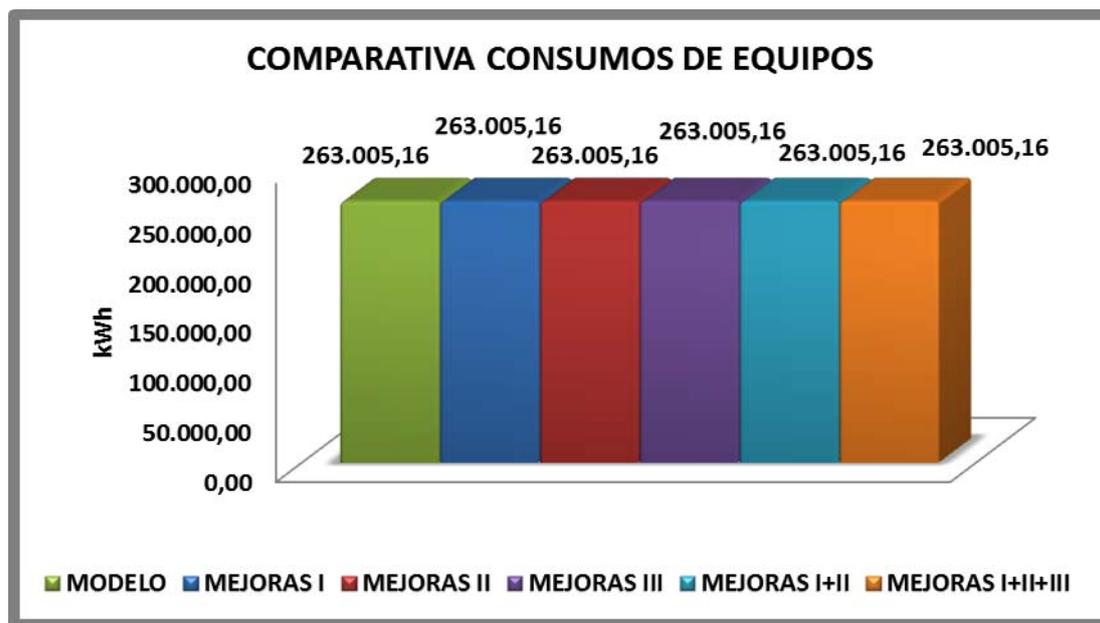


Figura 5.3.52. Diagrama de barras comparativo del consumo energético de equipos.

#### 5.3.21.7.- PRODUCCIÓN TOTAL DE CO<sub>2</sub>

Pasamos ahora a analizar la producción de CO<sub>2</sub> que genera el edificio que según los datos obtenidos es de 407.636,33 kg., mediante la aplicación de las medidas de ahorro y eficiencia energética se pretende disminuir la cantidad de emisiones generadas, así obtenemos que mediante la reducción de la potencia instalada en la iluminación interior del edificio (MAE II) éstas se reducen en un 17%, aumentan notablemente al aplicarle las medidas relativas a la disminución de la radiación solar (MAE I) y el cambio del sistema de climatización y aporte de energía solar al agua caliente sanitaria (MAE III) del orden del 50% y el 80% respectivamente.

Mediante la unión de las medidas MAE I y MAE II se generan disminuciones del orden del 17%, al aplicarle todas las medidas de manera conjunta se produce una reducción de un 10%.

Observamos en el siguiente diagrama las emisiones de CO<sub>2</sub>.

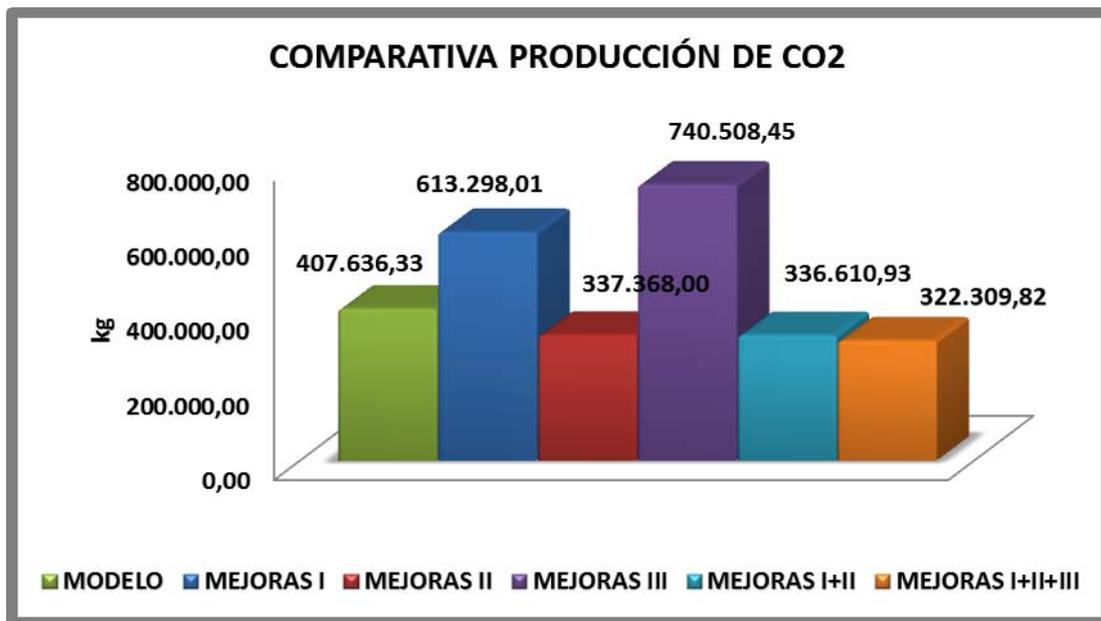


Figura 5.3.53. Diagrama de barras comparativo de la producción de CO<sub>2</sub>.

# **CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES**

Para el estudio de ésta tesis se ha partido de tres edificios que forman parte del parque inmobiliario de cualquier ayuntamiento. Se ha intentado abarcar tres usos distintos como son el administrativo, docente y comercial, de manera que puedan extrapolarse a cualquier municipio, los usos de estos se podrán asemejar a otros similares con los que cuenten las administraciones. Estos edificios son:

- Centro de Servicios Sociales.
- Escuela Infantil.
- Mercado de abastos.

Los edificios sobre los que se ha trabajado son existentes contando estos con antigüedades distintas, ninguno de ellos se ha construido estando en vigor el Código Técnico de la Edificación, por lo que no se han tenido en cuenta los requerimientos energéticos de este.

Se ha planteado en el estudio la verificación en la comparación del consumo energético real actual de cada uno de ellos, con el consumo energético obtenido a través de la simulación, con un margen de error aceptable, mediante un software de reconocido prestigio como es energy plus. La aplicación sobre esta simulación de una serie de medidas de ahorro y eficiencia energética (MAE) nos permite obtener una optimización energética, comparando los datos obtenidos con los del edificio en su situación inicial, así como afecta cada una de las medidas aplicadas en función de las características de cada uno de los edificios.

El consumo energético real se ha obtenido a través de la facturación anual de energía, siendo en los tres casos únicamente energía eléctrica, esto se debe a que en ninguno de los tres edificios se hace uso de ningún otro combustible. Para la preparación de agua caliente sanitaria, cuyos consumos no son muy elevados, se utilizan sistemas mediante efecto Joule, además no disponen de instalación de

calefacción mediante el uso de calderas, situación ésta muy típica en el municipio de Almería.

Cabe señalar que en algunos casos las instalaciones que albergan pueden no ser muy coherentes debido a la antigüedad de algunas de ellas así como las reformas parciales que se han ido ejecutando, principalmente instalando equipos de aire acondicionado a medida que han sido requeridos sin tener en cuenta la situación global del edificio ni las condiciones de calidad de aire interior.

La realización de forma detallada de las simulaciones ha sido una tarea bastante complicada al tener que introducir ciertos datos como son los horarios de ocupación o los rangos de funcionamiento de los sistemas de ventilación y climatización que dependen en gran medida de los usuarios de los edificios. Se ha intentado que estos parámetros sean lo mas aproximados posible a la situación real de uso.

### **6.1. CARÁCTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DE LOS EDIFICIOS.**

Se han estudiado los edificios teniendo en cuenta las actividades que se desarrollan, sus horarios y el resto de características arquitectónicas como cerramientos, aberturas, tabiquería y sistemas de climatización, obteniendo resultados muy dispares entre ellos.

Como punto de partida se ha realizado la simulación de los edificios en energy plus obteniendo unos valores de consumos energéticos totales que tienen cierta variación respecto de los valores reales, estas variaciones no son significativas, según observamos en la siguiente tabla.

Tabla 6.1. Error comparando consumos reales con consumos según simulación.

EDIFICIO	CONSUMO REAL (kWh)	CONSUMO SIMULACIÓN (kWh)	ERROR
Centro Servicios Sociales	19.250,00	19.626,73	1,95 %
Escuela Infantil	20.040,00	20.467,72	2,13 %
Mercado abastos	707.265,00	726.549,26	2,72 %

El margen de error se puede considerar aceptable por varios motivos, la simulación se realiza mediante un año climatológico tipo que no coincide con el año climatológico de los datos reales, pudiendo encontrar veranos mas calurosos o inviernos mas fríos. Es imposible tener en cuenta el uso que las personas hacen de las instalaciones pudiendo producirse variaciones notables de regulación de equipos así como incremento en los tiempos de uso, no pudiendo tampoco asignar con exactitud los niveles de ocupación. También cabe tener en cuenta que la antigüedad de los equipos de climatización hace que el rendimiento de estos sea menor. Todos estos parámetros, que no se pueden introducir en los programas de simulación, hacen que se generen diferencias en los resultados obtenidos.

A través de la simulación obtenemos el consumo energético total de cada uno de los edificios y pasamos a realizar un estudio pormenorizado por usos, lo que nos dará información relativa a que receptores de los edificios son los de mayor demanda y por tanto nos indicarán que dirección debemos seguir para su optimización, trazando el camino para aplicar las medidas de ahorro y eficiencia energética. Observamos en la siguiente tabla la distribución de consumo según los distintos servicios de los edificios.

Tabla 6.2. Distribución de consumos por usos de los edificios.

	CENTRO SERVICIOS SOC.	ESCUELA INFANTIL	MERCADO
REFRIGERACIÓN	29,69%	36,72%	34,85%
CALEFACCIÓN	40,44%	4,25%	0,37%
ILUMINACIÓN	25,03%	37,97%	23,36%
EQUIPOS	4,84%	15,64%	36,20%
ACS	--	5,42%	5,22%

Mediante estos datos vemos como los consumos más significativos son los generados por la refrigeración que supone aproximadamente un tercio del consumo total del edificio en todos los casos, del mismo modo la iluminación supone otro de los consumos elevados. Así que vistos estos consumos como los mas importantes será necesario, para obtener ahorros energéticos, actuar principalmente sobre estos parámetros.

## **6.2. MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA APLICADAS.**

Con el fin de conseguir ahorros energéticos se han implementado a cada uno de los edificios, tres tipos de mejoras distintas sobre cada uno de los ámbitos de influencia de los parámetros que determinan los consumos, estas son:

- Sobre la demanda, variando las características de los cerramientos y disminuyendo la radiación solar que reciben.
- Sobre la iluminación, cambiando equipos y utilizando sistemas para reducir la potencia instalada.
- Sobre las instalaciones de climatización y agua caliente sanitaria, bien incluyendo renovaciones de aire con las que no contaban, cambiando el sistema de climatización completamente o mediante el aporte solar para el calentamiento de agua caliente sanitaria.

Las mejoras de ahorro y eficiencia energética desarrolladas en cada uno de los edificios son las siguientes:

Centro de Servicios Sociales:

- Aumento del aislamiento de fachadas y cubierta.
- Cambio de equipos de iluminación.
- Instalación de sistema de renovación de aire.

Escuela Infantil:

- Instalación de elementos de sombra en ventanas.
- Cambio de equipos de iluminación.
- Instalación de sistema de renovación de aire.

Mercado Central:

- Montaje sobre cubierta de sistema de reducción solar.
- Cambio de equipos de iluminación.
- Cambio del sistema de climatización y aporte solar para ACS.

Una vez descritas las mejoras llevadas a cabo en cada uno de los edificios vemos cómo afecta cada una de ellas al consumo energético total, indicando en la siguiente tabla el tanto por ciento de reducción o incremento de consumo.

*Tabla 6.3. Variación de consumos energéticos provocados por las mejoras.*

	<b>CENTRO SERVICIOS SOC.</b>	<b>ESCUELA INFANTIL</b>	<b>MERCADO</b>
<b>MAE (DEMANDA)</b>	-20%	-12%	-3,5%
<b>MAE (ILUMINACIÓN)</b>	-20%	-38%	-17,5%
<b>MAE (CLIMATIZACIÓN Y ACS)</b>	16%	25%	8%

A la vista de los resultados obtenidos con las mejoras aplicadas observamos como la más previsible y directa sobre los consumos energéticos son las que actúan sobre la iluminación generando en todos los casos ahorros de un mínimo del 17%, la gran influencia de este parámetro es debido a que los edificios cuentan únicamente con consumos energéticos en forma de electricidad, por ello la afección de ésta instalación sobre el consumo total es tan importante.

Por otro lado vemos como las medidas aplicadas sobre la demanda térmica de los edificios tienen repercusiones distintas en función del tipo de cerramientos con los

que cuenta cada uno de ellos. Consecuencia de la zona climatológica donde están situados observamos como las medidas encaminadas a reducir la radiación solar generan variaciones importantes en los consumos energéticos debidos a la refrigeración, siendo una medida aconsejable por su sencillez, viabilidad económica y alto grado de efectividad.

Por último las medidas adoptadas para dotar los edificios de calidad de aire interior suponen un gran incremento de consumos tal y como era de esperar, aunque en este caso ha primado en las medidas adoptadas garantizar la habitabilidad, que no se había tenido en cuenta al climatizar los edificios, frente al ahorro energético.

En la búsqueda del edificio más eficiente de cada uno de los tipos se lleva a cabo la combinación de las medidas que han generado mayor ahorro por separado, en todos los casos se trata de unificar la medida de reducción de la demanda térmica y la medida destinada a la disminución de consumo debido a iluminación. Por otro lado también se han simulado los edificios aplicándole todas las mejoras propuestas para comprobar los ahorros que se generan. En la siguiente tabla podemos ver el porcentaje de reducción o incremento en el consumo energético total del edificio en cada uno de los casos.

*Tabla 6.4. Variación de consumos energéticos provocados por la unión de mejoras.*

	<b>CENTRO SERVICIOS SOC.</b>	<b>ESCUELA INFANTIL</b>	<b>MERCADO</b>
<b>MAE (DEMANDA)</b>	-20%	-12%	-3,5%
<b>MAE (ILUMINACIÓN)</b>	-20%	-38%	-17,5%
<b>MAE (CLIMATIZACIÓN Y ACS)</b>	16%	25%	8%
<b>MAE (DEMANDA+ILUMINACIÓN)</b>	-36,5%	-32%	-19%
<b>MAE (TODAS)</b>	-3,5%	0%	20%

Así comprobamos que mediante la aplicación conjunta de las medidas de ahorro y eficiencia energética que actúan sobre la demanda térmica del edificio y la

disminución de la potencia instalada de iluminación se obtienen ahorros mínimos del orden del 20%, siendo esta la opción de edificio más eficiente.

### **6.3. APLICACIONES DE DESARROLLO.**

Al tratarse de edificios antiguos se emplean sistemas obsoletos de climatización que han sido diseñados sin garantizar la calidad del aire interior, lo cual hace que sea necesario disponer de equipos que mejoren la habitabilidad lo cual hace que penalice notablemente los consumos energéticos.

En lo que respecta a iluminación a través de actuaciones sencillas y no muy costosas se consiguen reducciones de consumos energéticos significativos y directos pudiendo optimizar no solo la energía consumida sino también la potencia instalada, siendo una opción muy aconsejable para conseguir ahorros.

Debido a la zona climatológica de los edificios la clave principal para disminuir consumos energéticos es actuar sobre los efectos de la radiación solar, por lo que mediante la utilización de elementos de sombra o tratamientos en cubiertas se disminuyen las necesidades de refrigeración, produciendo ahorros considerables.

Se debería tener en cuenta en futuras reformas en edificios existentes del parque inmobiliario municipal, de los usos que se han estudiado en esta tesis, llevar a cabo modificaciones principalmente en los ámbitos descritos donde se pueden conseguir mayores ahorros.

Del mismo modo en futuras construcciones se debería hacer especial hincapié en estos ámbitos de diseño que garantizarían ahorros adicionales a los conseguidos mediante el cumplimiento de la actual normativa que ya tiene en cuenta gran cantidad de factores enfocados al ahorro energético.

Esperamos que este trabajo sirva como base de datos a tener en cuenta para posibles actuaciones que lleven a cabo ayuntamientos situados en zonas con condiciones climatológicas similares al municipio de Almería en los edificios de uso administrativo, docente y comercial o asimilado a estos. Pudiendo optimizar sus consumos energéticos a través de la experiencia desarrollada en este trabajo mediante la aplicación de las medidas de ahorro y eficiencia energética descritas.

A través de la experiencia obtenida en la realización de esta tesis se propone que para la optimización energética de edificios del tipo a los estudiados se realice un completo estudio de consumos y se implementen las mejoras de manera conjunta o individualmente según el orden de efectividad desarrollado en este trabajo, tomando como prioritarias aquellas medidas como la disminución de la radiación solar, en lo que respecta a demanda del edificio o la disminución de potencia instalada en equipos de iluminación que garantizan los ahorros de manera rápida y efectiva.

#### **6.4. TRABAJOS FUTUROS.**

Como trabajos de desarrollo conclusión de los datos obtenidos en este estudio sería interesante potenciar los siguientes aspectos:

- El uso de energías renovables en los edificios, especialmente en aquellos que son propiedad de la administración en cualquiera de sus ámbitos.
- Mejorar los aislamientos en cerramientos así como mejorar la calidad de las ventanas tanto en lo que respecta a sus carpinterías como los vidrios.
- Consecuencia de los grandes consumos que se originan por las necesidades de ventilación y renovación de aire, para garantizar las condiciones de salubridad, sería necesario fomentar el uso de sistemas de recuperación de calor.
- Modificar las instalaciones de iluminación a través del uso de nuevas tecnologías como el led.

- Estudiar las principales zonas de radiación solar para llevar a cabo sombreamientos que disminuyan de manera considerable la demanda energética de refrigeración en los edificios.
- Fomentar la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> mediante el uso de biocombustibles.
- Optimizar la facturación de energía eléctrica ajustando las necesidades de potencia y las tarifas de consumo.
- Utilizar la figura de las Empresas de Servicios Energéticos para el desarrollo de una solución global optimizando recursos.

