

ÍNDICE

PRÓLOGO	XV
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1. ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE	1
1.2. EL SECTOR RESIDENCIAL	5
1.3. EVALUACIÓN MEDIOAMBIENTAL DE LOS EDIFICIOS ...	7
1.4. USO RACIONAL DE LA ENERGÍA	8
1.4.1. Valores que definen las prestaciones energéticas	8
1.4.2. Principios bioclimáticos	8
1.4.3. Los puentes térmicos	10
1.4.4. La estanqueidad al aire	11
1.4.5. Los vidrios	11
1.4.6. La fachada de doble epidermis	11
1.4.7. La ventilación natural	12
1.4.8. La iluminación natural	12
1.4.9. Modelo de vivienda de bajo consumo energético	12
1.4.10. Certificados y normativas en países europeos	13

1.5. INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EDIFICIOS	15
1.5.1. Energía solar térmica.....	15
1.5.2. Energía solar fotovoltaica	15
1.5.3. La bomba de calor	16
1.5.4. La cogeneración.....	16
1.5.5. La pila de combustible	16

2. CERTIFICACIÓN Y AUDITORÍAS ENERGÉTICAS EN EDIFICIOS 17

2.1. NORMATIVA SOBRE ENERGÍA EN LA EDIFICACIÓN	17
2.1.1. Directiva 93/76/CEE (SAVE)	17
2.1.2. Ley de Ordenación de la Edificación	18
2.1.3. Código Técnico de la Edificación	19
2.1.4. Directiva 2002/91/CE relativa a Eficiencia Energética de los edificios	21
2.2. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS	22
2.2.1. Características de la certificación energética	23
2.2.2. La certificación energética en España	24
2.2.3. Certificación energética en Europa y Norteamérica	25
2.3. AUDITORÍAS ENERGÉTICAS EN EDIFICIOS	28
2.3.1. Definición de Auditoría Energética	28
2.3.2. Tipos de auditorías	29
2.3.3. Objetivos de las auditorías	29
2.3.4. Los auditores energéticos	30
2.4. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS QUE AFECTAN AL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO Y MEDIOAMBIENTAL DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL	31
2.4.1. Estructuración de los parámetros	31
2.4.2. Análisis energético y medioambiental	32
2.4.2.1. Fase de proyecto	33
2.4.2.2. Fase de ejecución	64

2.4.2.3.	Fase de explotación	65
2.4.2.4.	Fase de derribo	66
2.4.2.5.	Tabla resumen de los parámetros que afectan al comportamiento energético y medioambiental en una vivienda	67
3.	CONFORT TÉRMICO. VENTILACIÓN Y CALIDAD DEL AIRE INTERIOR (IAQ) EN EDIFICIOS	69
3.1.	CONFORT TÉRMICO	69
3.1.1.	Condiciones básicas para el confort térmico.....	72
3.1.2.	Regulación de la temperatura del cuerpo	72
3.1.3.	Balance térmico	73
3.1.4.	El metabolismo y el trabajo mecánico	77
3.1.5.	La vestimenta.....	78
3.1.6.	La superficie del cuerpo	78
3.1.7.	Parámetros ambientales	79
3.1.8.	Índices ambientales	80
3.1.9.	Escalas de sensaciones térmicas (VMP y PPI)	82
3.1.10.	Malestar térmico local	86
3.2.	CONFORT ACÚSTICO Y VIBRACIONES	87
3.2.1.	Ruido	87
3.2.2.	Vibraciones	92
3.3.	CALIDAD DE AIRE INTERIOR Y VENTILACIÓN (IAQ) ...	93
3.3.1.	Eficacia de ventilación	99
3.3.2.	Características de una buena ventilación	102
3.3.3.	Sistemas de control de la calidad del aire en edificios ...	104
3.4.	MEDIDAS DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR	105
3.4.1.	Factores que afectan a la calidad del aire en los ambientes cerrados	105
3.4.2.	Procedimientos de la reducción de la contaminación interior	106
3.4.3.	Métodos de dilución con aire exterior	108

3.4.3.1. Método analítico	108
3.4.3.2. Procedimientos sensoriales. Método de fanger (prevn 1752)	109
3.4.3.3. Métodos de la norma ASHRAE 62	111
3.4.3.4. Conclusiones	113
4. METODOLOGÍA DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA	115
4.1. CALIDAD ENERGÉTICA DE EDIFICIOS	115
4.2. METODOLOGÍA AEV (ANÁLISIS ENERGÉTICO DE VIVIENDAS).....	117
4.2.1. Datos climatológicos	119
4.2.2. Definición de la vivienda	119
4.2.3. Cálculo de demandas de calefacción.....	121
4.2.4. Cálculo de demandas de ACS	122
4.2.5. Demanda total	122
4.2.6. Cálculo de consumos.....	122
4.2.7. Emisiones de CO ₂	123
4.2.8. Evaluación energética	125
4.3. METODOLOGÍA AEE (ANÁLISIS ENERGÉTICO DE EDIFICIOS).....	125
4.3.1. Datos climatológicos	127
4.3.2. Definición del edificio	128
4.3.3. Cálculo de demandas de calefacción y refrigeración ...	130
4.3.4. Cálculo de consumos.....	131
4.3.5. Evaluación energética	133
4.4. DIFERENCIAS Y PRESTACIONES DE LAS METODOLOGÍAS AEE Y AEV	135
4.5. OTROS MÉTODOS DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA (CEV, PEEV, CALENER)	138
4.5.1. Metodología CEV (Calificación Energética de Viviendas)	138
4.5.2. Metodología PEEV (Programa de Eficiencia Energética de Viviendas)	150

4.5.3.	CALENER (Calificación energética)	155
4.5.3.1.	Características de CALENER	155
4.5.3.2.	Componentes principales en CALENER	157
4.5.3.3.	Base de datos	159
4.5.3.4.	Motor de cálculo	163
4.5.3.5.	Características generales del motor de cálculo	164
4.5.3.6.	Interfaz de entrada de datos	166
4.5.3.7.	Interfaz de salida	166
4.5.3.8.	Herramientas auxiliares	167
4.5.3.9.	Herramienta de resultados	167
4.5.3.10.	Herramienta de modificaciones	167
4.5.3.11.	Herramienta económica	167
5.	CASOS DE ESTUDIO: CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA ...	169
5.1.	CASO DE ESTUDIO: VIVIENDA COLECTIVA (AEV)	169
5.1.1.	Planos.....	169
5.1.1.1.	Alzados	169
5.1.1.2.	Planta acotada	170
5.1.1.3.	Secciones	170
5.1.2.	Descripción del bloque de viviendas.....	171
5.1.2.1.	Características generales del edificio	171
5.1.2.2.	Características constructivas del edificio	172
5.1.3.	Datos introducidos en el DPCLima	174
5.1.4.	Resultados	176
5.1.4.1.	Demandas de calefacción	176
5.1.4.2.	Demandas de ACS	181
5.1.4.3.	Demanda total anual de calefacción y ACS ...	182
5.1.4.4.	Consumos	183
5.1.4.5.	Emisiones de CO ₂	186
5.1.4.6.	Evaluación energética	190
5.2.	COMPARACIÓN DE DIFERENTES TIPOLOGÍAS EDIFICATORIAS (AEV)	193
5.2.1.	Vivienda aislada.....	193

5.2.1.1.	Planos.....	193
5.2.1.2.	Consumo de energía y emisiones de CO ₂ : Calefacción y ACS.....	194
5.2.1.3.	Cocción	194
5.2.1.4.	Iluminación	196
5.2.1.5.	Emisiones de CO ₂ totales	196
5.2.1.6.	Evaluación energética	196
5.2.2.	Vivienda adosada	196
5.2.2.1.	Planos.....	197
5.2.2.2.	Consumo de energía y emisiones de CO ₂ : Calefacción y ACS.....	197
5.2.2.3.	Cocción	197
5.2.2.4.	Iluminación	198
5.2.2.5.	Emisiones de CO ₂ totales	198
5.2.2.6.	Evaluación energética	198
5.2.3.	Comparación de tipologías	198
5.2.3.1.	Consumo de energía y emisiones de CO ₂ : calefacción y ACS	198
5.2.3.2.	Evaluación energética	200
5.3.	CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO NO RESIDENCIAL (AEE)	201
5.3.1.	Metodología AEE	201
5.3.1.1.	Planos.....	201
5.3.1.2.	Descripción del edificio.....	203
5.3.1.3.	Cargas térmicas diarias	206
5.3.1.4.	Demandas de energía.....	208
5.3.1.5.	Consumos energéticos mensuales	210
5.3.1.6.	Emisiones de CO ₂	212
5.3.1.7.	Evaluación energética	212
5.3.1.8.	Informe final	213
5.3.2.	Comparación de resultados de AEE, PowerDOE y HAP	213
5.3.2.1.	Comparación consumos mensuales	213
5.3.2.2.	Comparación de consumos totales	216
5.3.2.3.	Comparación de la evaluación energética del edificio	217

6. METODOLOGÍA DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS	219
6.1. ETAPAS DE UNA AUDITORIA ENERGÉTICA.....	219
6.2. METODOLOGÍA DE UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA	223
6.2.1. Entrevista con los responsables del edificio y recogida de informaciones relacionadas con el mismo	223
6.2.2. Planificación de la auditoría energética	226
6.2.3. Inspección visual	227
6.2.4. Cuestionario	227
6.2.5. Simulación.....	228
6.2.6. Informe preliminar.....	228
6.2.7. Medidas experimentales de factores relacionados con el balance energético del edificio.....	228
6.2.7.1. Planificación del proceso de medición.....	229
6.2.7.2. Instrumentación.....	229
6.2.8. Diagnóstico del balance energético del edificio.....	250
6.2.9. Análisis para la mejora energética del edificio	259
6.2.10. Análisis de viabilidad económica de las mejoras	264
6.2.11. Edición del informe de la auditoría	265
 7. CASO DE ESTUDIO: AUDITORÍAS ENERGÉTICAS	 267
7.1. 1ª ETAPA	267
7.1.1. Selección de datos	267
7.1.1.1. Planos y descripción del edificio	267
7.1.1.2. Características constructivas	267
7.1.1.3. Visitas.....	272
7.1.1.4. Datos meteorológicos	273
7.1.1.5. Encuestas	273
7.1.2. Simulación.....	280
7.2. 2ª ETAPA	287
7.2.1. Realización de ensayos	287
7.2.1.1. Termografías	287
7.2.1.2. Medidas de temperatura y humedad	290

7.3.	3ª ETAPA	292
7.3.1.	Mejoras a introducir	292
7.3.1.1.	Soluciones constructivas en HF.....	293
7.3.1.2.	Soluciones operacionales en HF	294
7.3.2.	Integración de energía solar en el edificio	296
7.3.2.1.	Cálculos referidos a la instalación.....	296
7.3.2.2.	Descripción genérica de la instalación	298
7.4.	4ª ETAPA	300
7.4.1.	Análisis económico	300
7.4.1.1.	Soluciones constructivas	300
7.4.1.2.	Soluciones operacionales	301
7.5.	INFORME FINAL	303
	BIBLIOGRAFÍA	305
	ÍNDICE ANALÍTICO	309