



AUDITORÍAS ENERGÉTICAS EN EDIFICIOS



Patrocinado por  **Vaillant**

 **Atecyr**

Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración

**Autores:**

D. Ricardo García San José. Vicepresidente del Comité Técnico de Atecyr y miembro del Comité Organizador de Atecyr (COA).

D. Pedro Vicente Quiles. Miembro del Comité Técnico de Atecyr y miembro del Comité Organizador de Atecyr (COA).

D. Arcadio García Lastra. Secretario técnico de Atecyr y miembro del Comité Técnico de Atecyr.

D. Manuel Acosta Malia. Secretario de Atecyr y miembro del Comité Organizador de Atecyr (COA).

D. Miguel Angel Navas Martín. Miembro del Comité Técnico de Atecyr y presidente de la agrupación Castilla y León.

© ATECYR

Edita: ATECYR

Navaleno, 9
28033 Madrid

Producción y realización:

ATECYR

Maquetación e impresión:

GRÁFICAS ELISA, S.L.

ISBN: 978-84-95010-38-4

Dep. Legal: M-48436-2010

* Queda prohibida la total o parcial reproducción del contenido de este documento salvo expresa autorización de Atecyr.





CURSOS PROPIOS de ATECYR

Un proyecto: Nuestro compromiso en la formación

*Desde su fundación el 8 de junio de 1974 la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR) nace con una clara vocación de servicio y con el objetivo de aunar esfuerzos de profesionales del sector para la consecución de un mejor desarrollo e implantación de las tecnologías de climatización, calefacción y refrigeración, en España. De este modo, ATECYR desde su comienzo, adquiere por derecho propio un protagonismo substancial en los procesos de normalización, información, **formación**, control de calidad, control de polución y el uso racional de la energía en el ámbito tecnológico de la climatización y la refrigeración.*

ATECYR cumple al pie de la letra con su carácter asociativo y transforma, fielmente, los fines que figuran en sus estatutos en objetivos a cumplir y en forma de trabajar.

*ATECYR dirige sus acciones hacia la **técnica de la Climatización** (calefacción, ventilación y acondicionamiento del aire) y sus actividades anexas y que uno de sus objetivos es **dedicarse al estudio de su problemática, su ordenación, reglamentación, protección y divulgación del conocimiento**. Con una clara visión de futuro ya se mencionaba lo de las actividades anexas, como pueden ser, hoy en día, el ahorro y diversificación energética, la disminución de las emisiones de CO₂ o los problemas con la agresión a la capa de ozono, y se daba especial relevancia, hace 36 años, a la ingeniería del medio ambiente.*

Durante el año 2009 se ha desarrollado una intensa actividad formativa y divulgativa. Más de 90 jornadas con más de 6.500 asistentes y 76 cursos con más de 1.900 alumnos, además de haber colaboradora, co-organizado y codirigido cursos universitarios. Pero lo más importante es el desarrollo de los contenidos formativos (cursos propios, documentos técnicos, guías de eficiencia energética etc...).

Pensamos que nuestra aportación principal a la ingeniería y a la sociedad en general es ofrecer valiosas herramientas para la formación y el reciclaje.

ATECYR cuenta con un grupo de socios comprometidos con los fines de la asociación, que han trabajado y trabajan de una forma desinteresada por mantener el nivel y el prestigio evolucionando hacia las nuevas tendencias técnicas, tecnológicas y de mercado.

La actividad de la asociación descansa en dos pilares fundamentales: Las Agrupaciones como grandes generadoras de nuestra actividad y como instrumentos que nos permitan la cercanía y el servicio al socio, y el Comité Técnico, compuesto por un grupo de expertos muy respetados en nuestro sector, que, de alguna manera, han marcado las tendencias y





la forma de hacer las cosas en los últimos años y que se constituye como el gran dinamizador de toda nuestra actividad

El Comité Técnico de ATECYR viene trabajando desde sus orígenes, en la elaboración de una ingente documentación de divulgación científico-técnica sobre temas relacionados con el sector de climatización y refrigeración. Entre esta documentación, se encuentran traducciones de libros y artículos considerados de interés y bibliografía propia.

Este curso de Auditorías Energéticas es un libro de texto que acompaña a un curso de 16 horas lectivas. En el libro se pretende asentar los conocimientos en la Auditoría Energética que un técnico debe de tener antes de enfrentarse a auditar un edificio.

En sus ocho capítulos recoge un amplio número de temas, desde la auditoria energética, tarifas de energía y ratios de consumo en los edificios, instrumentación, operación, evaluación de ahorros energéticos, informe de la auditoria y un ejemplo práctico.

Por tanto el tándem curso mas libro es una herramienta fundamental que ayudará al técnico en su futura actividad profesional en la auditoría energética.

Sólo queda agradecer su aportación a los patrocinadores de cada capítulo, sin cuya ayuda sería imposible completar este interesante proyecto.

En momentos de dificultad para toda la actividad económica trabajamos para ayudar a los técnicos en soluciones y herramientas.

Este curso de Auditorías Energéticas es un curso propio de ATECYR y te lo presentamos como el resultado de este compromiso

*D. Juan José Quixano Burgos
Presidente de ATECYR*



Capítulo 1 La auditoría energética

1	La auditoría energética	1
1.1	Origen	1
1.2	Definiciones	4
1.3	Tipos de auditorías energéticas	8
1.3.1	En función del PROPÓSITO que persiguen	8
1.3.2	En función de la INTENSIDAD de los trabajos a realizar	8
1.3.3	En función del SECTOR DE ACTIVIDAD en que opera el cliente	9
1.3.4	En función del ALCANCE del estudio	9
1.4	Esquema general	9
1.5	Plan de auditoría.....	11
1.5.1	Información Disponible.....	13
1.5.2	Definición de la Metodología	16
1.5.3	Necesidad de Recursos	19
1.5.4	Planificación	20
1.6	Realización de la auditoría	22
1.6.1	Etapas de información	22
1.6.2	Toma de datos	25
1.6.3	Evaluación	25
1.6.4	Informe de la auditoría	25
1.6.5	Plan de acción	25

Capítulo 2 Tarifas de energía y ratios de consumo en los edificios

2	Tarifas de energía y ratios de consumo en los edificios	27
2.1	Energía eléctrica	27
2.1.1	Régimen ordinario	28
2.1.2	Análisis de la factura eléctrica	39
2.1.3	Régimen especial	40
2.2	Combustible de origen fósil	46
2.3	Combustibles de origen no fósil	50
2.4	Ratios de consumo	51
2.4.1	Viviendas	52
2.4.2	Edificios terciarios.	55

Capítulo 3 Instrumentación

3	Instrumentación	65
3.1	Medidores de concentración CO ₂	66
3.2	Medida de las condiciones interiores	67
3.2.1	Temperatura operativa	68
3.2.2	Humedad Relativa del Ambiente	68
3.2.3	Velocidad del Aire en Interiores	69
3.3	Medida de la iluminación	70
3.4	Termografía por infrarrojos.....	71
3.5	Consumo de energía eléctrica	73
3.5.1	Analizador de redes eléctricas	73
3.5.2	Pinza Amperimétrica	73
3.5.3	Vatímetros, contadores de energía.....	74
3.6	Consumo de energía de combustibles	75
3.6.1	Contadores de gas	75
3.6.2	Contadores de gasóleo	76
3.7	Medida del caudal	76
3.7.1	Medida del caudal de aire	77

3.7.2	Medida del caudal en líquidos	79
3.8	Medida de las condiciones del flujo	80
3.8.1	Termohigrómetro	81
3.8.2	Medida de la temperatura	82
3.9	Contador de energía	85
3.10	Pérdidas en la combustión	86
3.10.1	Analizador de humos	86
3.10.2	Bomba opacimétrica.....	88
3.11	Medida de la presión	89
3.11.1	Medida de la presión en circuitos frigoríficos.....	89
3.11.2	Medida de presión en bombas y circuitos hidráulicos	90
3.11.3	Medida de la presión en ventiladores y redes de conductos	92

Capítulo 4 Operación

4	Operación	93
4.1	Procedimiento de realización de medidas	93
4.2	Medida de calidad del aire	94
4.3	Medida de la calidad térmica	96
4.4	Transmitancia térmica de la envolvente	98
4.4.1	Medida de U_M sin aporte de calor	98
4.4.2	Medida de U_M con aporte de calor	99
4.4.3	Medida de U_M a partir de la composición del muro	101
4.5	Medida de la iluminación	101
4.6	Medida de la eficiencia de equipos de expansión directa	103
4.6.1	Análisis del ciclo frigorífico	104
4.6.2	Eficiencia de equipos de expansión directa por el método directo	117
4.6.3	Eficiencia de bomba de calor aire-agua por el método indirecto	111
4.6.4	Eficiencia de una máquina aire-aire por el método indirecto.....	113
4.7	Medida del rendimiento de calderas	116
4.7.1	Método directo para la medida del rendimiento de calderas	116
4.7.2	Ejemplo de medida del rendimiento mediante el método directo	127
4.7.3	Método indirecto para la medida del rendimiento de calderas	120
4.7.4	Ejemplo de medida del rendimiento con el método indirecto	124
4.8	Medida de la eficiencia de las bombas.....	128
4.9	Analizador de Redes Eléctricas	131

Capítulo 5 Evaluación de ahorros energéticos

5	Evaluación de ahorros energéticos.....	135
5.1	Análisis facturaciones actuales	135
5.1.1	Suministros Eléctricos.....	135
5.1.2	Suministros de Gas Natural Canalizado	140
5.1.3	Suministros de Agua	142
5.1.4	Otros Suministros de Energía	143
5.2	Medidas de eficiencia energética	143
5.2.1	En la envolvente del edificio.....	144
5.2.2	Instalaciones Eléctricas.....	147
5.2.3	Iluminación	150
5.2.4	Suministro de Agua.....	152
5.2.5	Producción de Calor	153
5.2.6	Producción de Frío	158
5.2.7	Distribución Térmica	162
5.2.8	Emisores	165
5.2.9	Agua Caliente Sanitaria.....	165
5.2.10	Contadores y Regulación	167
5.3	Implantación de las energías renovables	168



5.3.1	Objetivo de las energías renovables	168
5.3.2	Directiva 2009/28/CE	168
5.3.3	Aplicabilidad de las Energías Renovables en los Edificios	168
5.3.4	Energía Eólica	170
5.3.5	Energía Solar Fotovoltaica	170
5.3.6	Energía solar térmica	173
5.3.7	Biomasa	174
5.3.8	Geoterminia.....	174
5.3.9	Bombas de calor (hidrotermia y aeroterminia)	176
5.3.10	Cogeneración	177
5.3.11	Producción de Frío por Absorción	178
5.3.12	Posibilidades de aplicación en los Edificios.....	178
5.4	Evaluación de los Ahorros Energéticos	179
5.4.1	Consumos Reales	180
5.4.2	Demandas Teóricas	181
5.4.3	Consumos Teóricos	181
5.4.4	Estimación de Ahorros Energéticos	182
5.5	Análisis de la Viabilidad de las Propuestas	184

Capítulo 6 Informe de la auditoría

6	Informe de la auditoría	187
6.1	Objetivo	189
6.2	Alcance	190
6.3	Normativa	191
6.4	Descripción del edificio.....	193
6.5	Estado de las instalaciones	194
6.5.1	Análisis de los suministros energéticos	194
6.5.2	Análisis de los procesos de producción	196
6.5.3	Análisis de las tecnologías horizontales y servicios	197
6.5.4	Medición y recogida de datos.....	197
6.6	Realización de una contabilidad energética	198
6.6.1	Mediciones de consumo.....	199
6.6.2	Facturas energéticas	199
6.6.3	Indicadores energéticos	199
6.7	Análisis de propuestas de mejoras	200
6.7.1	Desarrollo de las mejoras	200
6.7.2	Concatenación de las mejoras	202
6.7.3	Recomendaciones y buenas prácticas	202
6.8	Plan de acción.....	202

Capítulo 7 Ejemplo

7	Ejemplo.....	205
7.1	Objetivos.....	205
7.2	Alcance	205
7.3	Metodología	205
7.4	Descripción general del edificio	206
7.4.1	Envolvente del edificio	208
7.5	Instalación de climatización	210
7.5.1	Producción de Frío	210
7.5.2	Producción de Calor	211
7.5.3	Elementos terminales: UTAs	213
7.5.4	Elementos terminales: Fan-coils	218
7.5.5	Distribución de Energía: Tuberías	220
7.5.6	Distribución de Energía: Conductos	221
7.5.7	Regulación de caudales	222



7.5.8	Control de la Instalación	223
7.5.9	Cálculo de cargas	224
7.6	Instalación de alta tensión	225
7.7	Instalación de baja tensión	226
7.8	Instalación de Iluminación	227
7.9	Consumo eléctrico	230
7.10	Demanda energética.....	230
7.11	Propuesta de mejoras.....	232
7.11.1	Propuesta nº1	232
7.11.2	Propuestas nº 2 y 3	232
7.11.3	Propuesta nº4	234
7.11.4	Propuesta nº5	234
7.11.5	Propuesta nº6	235
7.11.6	Propuesta nº7	235
7.11.7	Propuesta nº8	236
7.11.8	Propuesta nº9	236
7.11.9	Propuesta nº10	237
7.11.10	Propuesta nº11	239
7.11.11	Propuesta nº12	239
7.11.12	Propuesta nº13	240
7.11.13	Propuesta nº14	241
7.11.14	Propuesta nº15	242
7.11.15	Propuesta nº16	243
7.11.16	Propuesta nº17	244
7.12	Resumen de propuestas	244
7.13	Plan de acción	245
7.14	Ejemplo sobre las fichas de tomas de datos	246
7.14.1	Fichas técnicas	247
7.14.2	Inventario de iluminación	252
7.14.3	Calidad de iluminación	252

Capítulo 8 Anexos

8	Anexos.	255
8.1	Anexo A. Tarifas y ratios de consumo	255
8.1.1	Páginas web de interés para consultar las tarifas	255
8.1.2	Edificios de viviendas representativos	255
8.1.3	Empresas comercializadoras.....	257
8.1.4	Obtención de la zona climática	259
8.1.5	Grados día.....	264
8.2	ANEXO B. Iluminación	266
8.3	ANEXO C. Tablas técnicas	273
8.4	ANEXO D. Fichas generales	285
8.5	ANEXO E. Fichas específicas	302

Capítulo 9 Bibliografía321

Introducción

La presente publicación pretende mostrar el contenido y forma de realización de las auditorías energéticas en los edificios, la eficiencia energética con la consiguiente reducción de emisión de contaminantes a ella asociada es un aspecto de vital importancia en la sociedad actual, y el camino más adecuado para la eficiencia es la auditoría previa, con la que se obtiene una valoración de los consumos que se estén registrando en los edificios y sus instalaciones, el comportamiento energético de los mismos y las posibilidades de ahorro.

El libro se ha estructurado en los siguientes capítulos:

En el primero se comenta el origen de las auditorías con un repaso de los hitos históricos más significativos; se define el concepto de auditoría y se analizan las fases de la misma, a través del plan de auditoría.

En el capítulo segundo se describen las tarifas de las diferentes energías, aspecto de gran importancia en las auditorías por las implicaciones económicas que tienen y aunque la auditoría sea energética, para la aplicación de las medidas propuestas son determinantes los ahorros económicos alcanzables, parte de los cuales pueden ser debidos exclusivamente a una correcta contratación de los suministros.

En el mismo capítulo 2 se incluyen también ratios de consumos por tipos de edificios, que sirven para en una primera aproximación con los datos previos, tener una idea de la eficiencia de la que se parte, ya que si el edificio a auditar tiene consumos superiores a los ratios medios es indicio de que los rendimientos están siendo bajos, mientras que si los consumos son inferiores, puede esperarse un buen rendimiento; en cualquier caso los ratios solo deben ser tomados como referencia, cada edificio tiene sus peculiaridades que deben analizarse en el desarrollo de la auditoría. Desgraciadamente en España existen pocos ratios, por ello se han incluido también ratios de otros países, que deberán ser tomados con mayor precaución por corresponder a climas y hábitos diferentes; este es un aspecto que la implantación de las auditorías deberá resolver en el futuro.

Los capítulos tercero y cuarto se centran en los equipos de medida, sin los cuales no sería posible realizar las auditorías, en primer lugar se definen los puntos de medida en los edificios e instalaciones, describiendo los equipos necesarios, con sus rangos de medición y características habituales y posteriormente, capítulo 4, se detallan los procedimientos de realización de las medidas en los diferentes componentes de las instalaciones y en el propio edificio.

En el capítulo 5 se describe como evaluar los ahorros, partiendo del análisis de los consumos actuales de los edificios, valorando los rendimientos de las instalaciones y posteriormente simulando el comportamiento del edificio y sus instalaciones se pueden determinar los ahorros energéticos, con los mismos y los costos de las diferentes energías se obtendrán los ahorros económicos y por último valorando el coste de implantación de las medidas propuestas los periodos de retorno de las inversiones. Se incluyen algunos ejemplos sencillos con retornos simples de las inversiones.

En varios apartados de ese capítulo se definen las medidas habituales de eficiencia energética en el edificio y en sus diferentes instalaciones.

El capítulo sexto se destina a la descripción de cómo ha de redactarse el informe de la auditoría, y en el séptimo se incluye un ejemplo práctico, con el detalle de diferentes medidas propuestas en un edificio real, incluyendo el análisis de sus inversiones.

Por último el libro se cierra con una serie de anexos que incluyen tablas de datos de interés para el desarrollo de las auditorías y fichas de toma de datos que compendian el edificio y todas sus instalaciones.

Evidentemente el contenido del libro debe ayudar al desarrollo de las auditorías, pero es necesario que el auditor tenga conocimientos más profundos de los diferentes tipos de instalaciones, así como de los programas de simulación que permitirán obtener resultados fiables; asimismo cada auditor con sus experiencias definirá las fichas de toma de datos que se adecuen de modo más preciso a sus necesidades y a su forma de realizar las auditorías.

1 La auditoría energética

1.1 Origen

En los inicios de la industria Petroquímica, Becquerel llegó a afirmar que el Petróleo era un compuesto demasiado valioso para ser quemado. El científico francés se refería a la riqueza de compuestos útiles para el hombre que contiene frente a su utilización como combustible.

Sin embargo, el uso del petróleo predominantemente como combustible, ha sido claro motor del desarrollo industrial. Durante décadas ha supuesto la posibilidad de disponer de energía de una manera sencilla, económica y abundante.

Su importancia en nuestra Sociedad Industrial es tal que su control se ha convertido en auténtico árbitro del panorama político y económico internacional.

Esta gran dependencia unida a una situación de debilidad del dólar y la decisión, en un momento determinado, por parte de la Organización de Productores de Petróleo (OPEP) de limitar el suministro a los países que apoyasen a Israel, dieron lugar a una **Primera crisis del petróleo en el año 1973.**

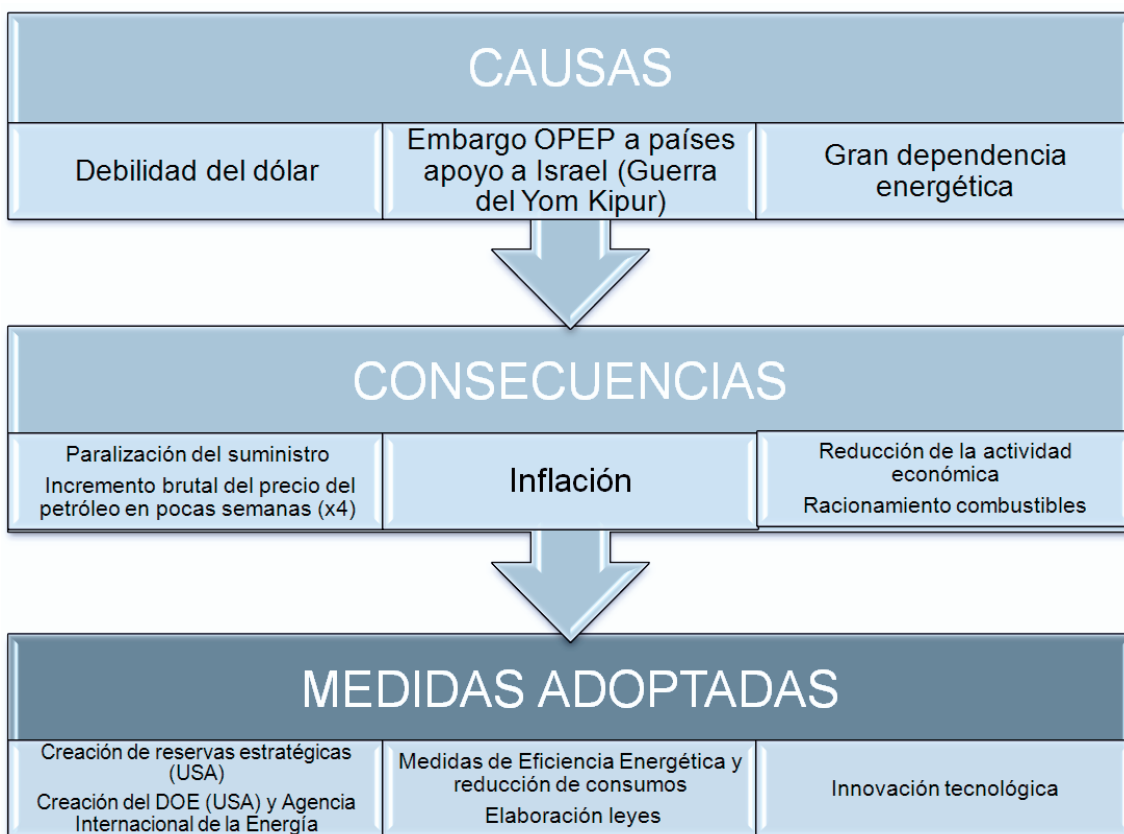


Figura 1.1: Origen

Las consecuencias económicas fueron devastadoras a nivel mundial lo que hizo formar conciencia en los países desarrollados del peligro que suponía esta gran dependencia de un combustible con unas características geoestratégicas tan determinadas.

Por primera vez se comienza a hablar de la necesidad de emplear de una forma más racional las reservas disponibles. Aparece el concepto de **Eficiencia Energética**, se crean **Agencias de la Energía** y se comienza a investigar sobre posibles alternativas.

Una de las medidas resultantes de la primera crisis del petróleo fue el intento de identificar y evaluar (auditar) las actividades industriales con mayores consumos de Energía tanto en USA como en España y resto de países industrializados.

El conocimiento de cómo las empresas contratan su energía, cómo la consumen en sus procesos y cuánto repercute en sus costes, su posición relativa respecto a otras empresas similares y las posibles mejoras para disminuir el coste energético, constituyen el origen del desarrollo de las auditorías energéticas.

Posteriormente la reaparición de causas similares (dependencia del petróleo y debilidad del dólar) producen una nueva discontinuidad, la **Segunda crisis del petróleo de 1979-1984**. El detonante adicional fue, en este caso, una nueva tensión geoestratégica, el derrocamiento del Sha de Persia y la Guerra Irán-Irak.

Se puso de manifiesto que los esfuerzos realizados para evitar este tipo de situaciones no fueron suficientes. Era necesario encontrar urgentemente alternativas y reducir el consumo de petróleo.

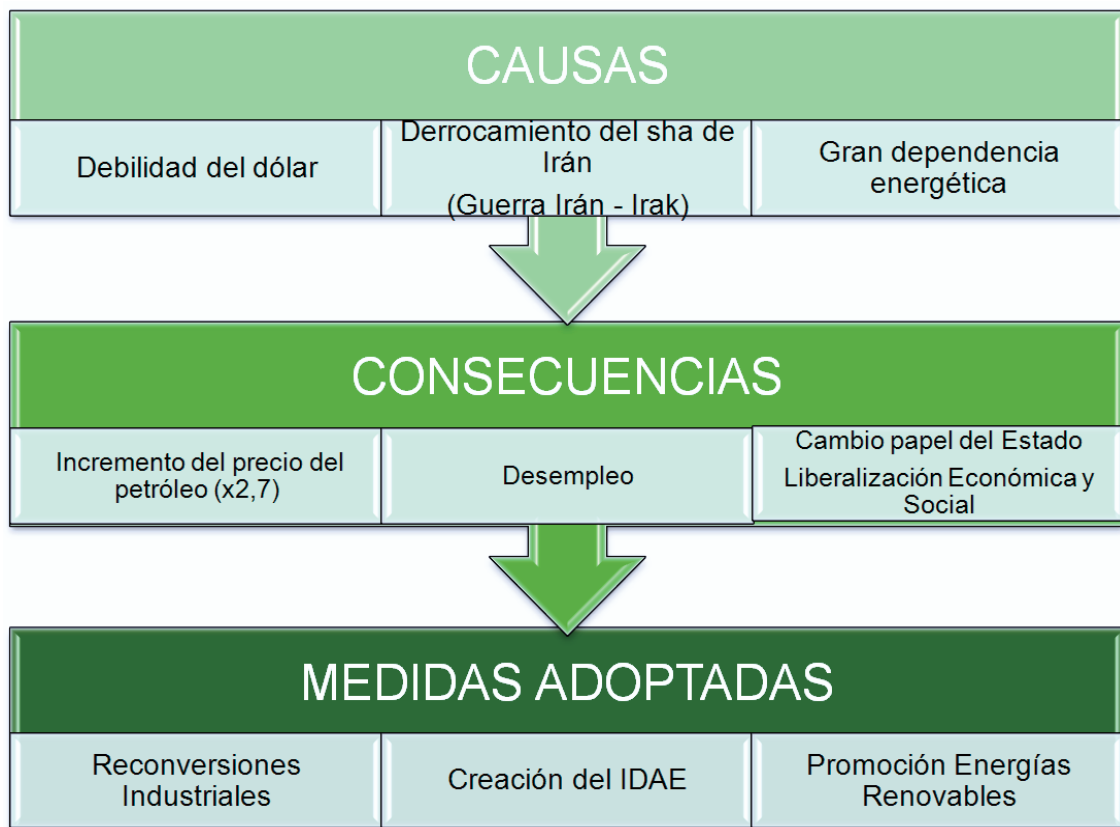


Figura 1.2: Segundo escenario

En 1979 se crea en USA el plan “*Residential Conservation Services*” por el que las empresas eléctricas debían realizar auditorías energéticas “in house” sin coste en los hogares estadounidenses con subvención estatal (a través de las Agencias de la Energía). California fue un estado pionero con más de 2,2 millones de Auditorías Residenciales realizadas en un periodo de 5 años.

Paralelamente, en el Sector Terciario se desarrollan las **Empresas de Servicios Energéticos (ESEs, ESCOs- en inglés Energy Serices Companies)** como punto de partida en los estudios de viabilidad. Las ESEs son compañías que brindan a sus clientes servicios de Planificación, Realización y, en algunos casos, Financiación de medidas de mejora de Eficiencia Energética en sus instalaciones.

Como consecuencia, las industrias intensivas en el uso de energía tienen que reconvertirse a otra actividad. En España se crea el IDAE y se hace un primer intento de implantación de Energías Renovables.

A partir de esta crisis, los países tratan de ponerse de acuerdo para reducir el uso de combustibles fósiles. Aparece el concepto de **Calentamiento Global** y se toman decisiones a nivel mundial mediante la firma del **Protocolo de Kioto**.

En Europa se publica la Directiva 93/76/CEE del Consejo, de 13 de septiembre de 1993, relativa a la limitación de las emisiones de dióxido de carbono mediante la mejora de la eficacia energética (SAVE); posteriormente se pone en marcha la **Directiva de Eficiencia Energética en los Edificios** y la **Directiva de Uso Eficiente de la Energía y Servicios Energéticos (2006/32/CE)**.

En España aparecen gran número de ordenanzas solares, se aprueba el Primer Plan Energético que supone la incorporación y promoción de la energía solar fotovoltaica y Eólica.

Como consecuencia de la directiva en nuestro país se aprueban el **Código Técnico de la Edificación (2006)**, el **RITE 2007** y el **RD 47/2007** sobre certificación energética de edificios de nueva construcción.

Sin embargo, la situación de dependencia sigue siendo muy alta y la aparición de tensiones en el mundo financiero internacional así como la gran demanda de China y otras economías emergentes, provoca la **Crisis del 2008** con una componente energética importante.

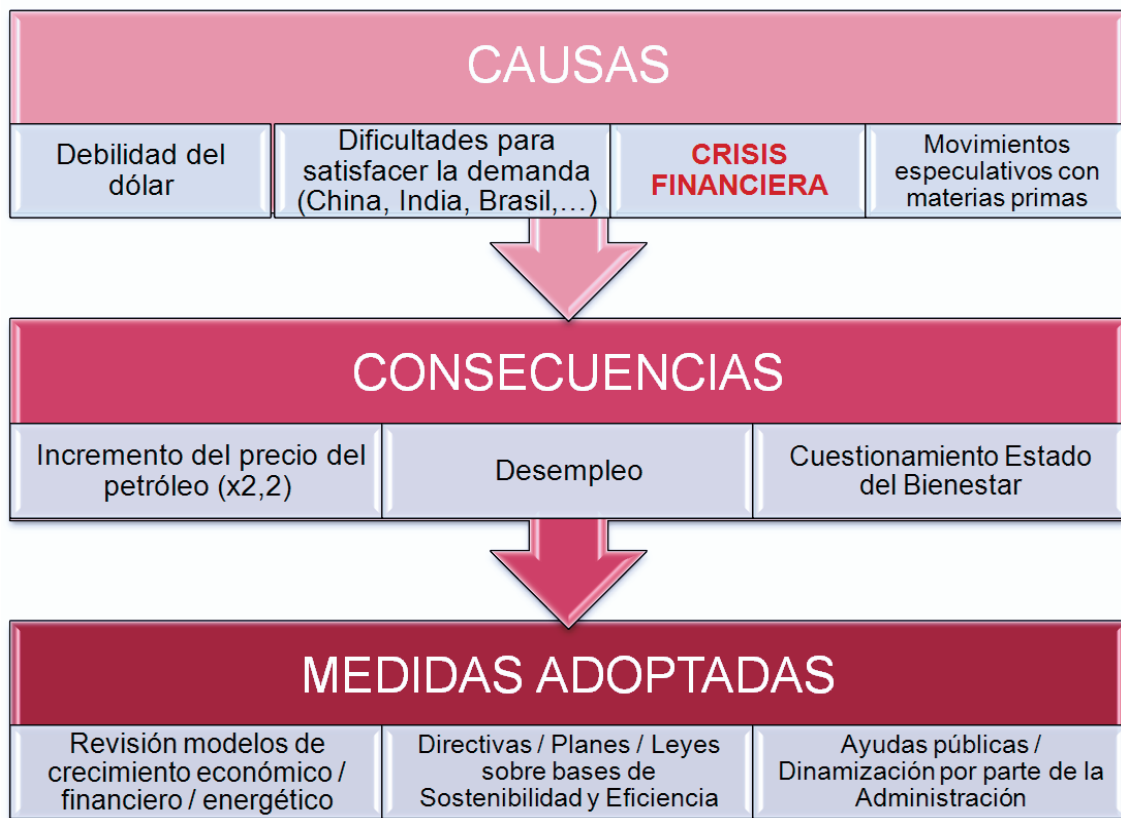


Figura 1.3: Tercer escenario