

**GENERA**

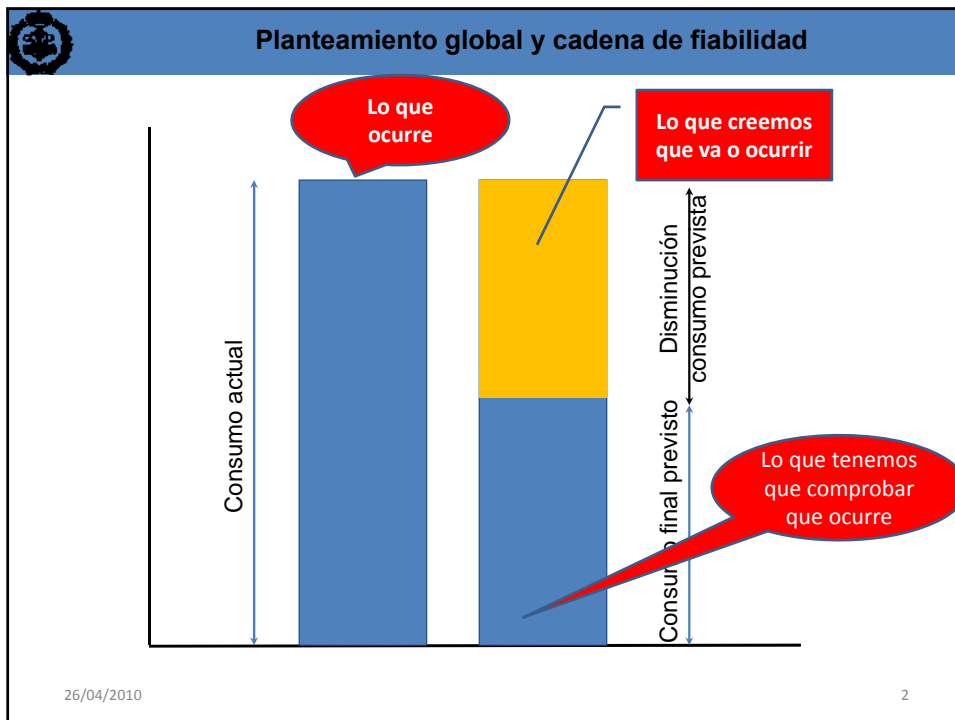
**FIABILIDAD  
EN  
AUDITORIAS ENERGÉTICAS  
Y  
PROTOCOLOS  
DE  
EVALUACION DE AHORROS**

Ramon Velázquez Vila.

Dr. Ingeniero Industrial.  
Catedrático Ingeniería Energética  
ESII. Sevilla

Sevilla, Mayo 2010

26/04/2010 1



**CONCEPTO DE AUDITORIA ENERGETICA EN EDIFICACION**

Según **The Guidebook for Energy Audits, Programme Schemes and Administrative Procedures** (Programa SAVE)

**Auditoría energética es un procedimiento para:**



- Obtener un conocimiento del perfil de energía consumida por un inmueble.
- Identificar los factores con influencia en ese consumo energético.
- Identificar las medidas de ahorro energético y evaluarlas dentro de un escenario coste beneficio.

Otros nombre: "Etiquetado energético", Inspecciones...

3

**Etapas de la Auditoría**

Cualquiera que sea el método de llevarla a cabo, la auditoría implica:

- Diagnóstico:**
  - ❖ ¿Dónde estamos?
  - ❖ ¿Estamos "bien o mal" dónde estamos?
- Tratamiento**
  - ❖ ¿Cómo podemos mejorar?
  - ❖ ¿Cuánto podemos mejorar?
- Prescripción**
  - ❖ ~~Recomendaciones.~~
  - ❖ ~~¿Cuánto nos costará?~~
  - ❖ ~~¿Cuánto nos ahorraremos?~~
  - ❖ ~~¿Cuál es la rentabilidad?~~

26/04/2010 4

**¿DONDE ESTAMOS?: "Lo que ocurre"**  
**Estructura energética del edificio: ¿Qué servicios contabilizar?**

- Climatización.
- Ventilación.
- Iluminación interior.
- Iluminación exterior.
- Iluminación artística.
- Agua caliente sanitaria.
- Ofimática.
- Máquinas expendedoras.
- Grupos de elevación de agua.
- Riego.
- Transporte vertical y horizontal.
- Electrodomésticos
- Servicios especiales: lavandería, cocina, vitrinas frigoríficas, saunas...

**Energía regulada.**

**Energía no regulada**

26/04/2010 5

**¿DONDE ESTAMOS?: "Lo que ocurre"**  
**Estructura energética del edificio: ¿Qué es?**

**Participación de las diversas fuentes de energía, %**

Fuente de energía	Porcentaje (%)
Electrica	65
Gas natural	15
Biomasa	10
Solar térmica	10

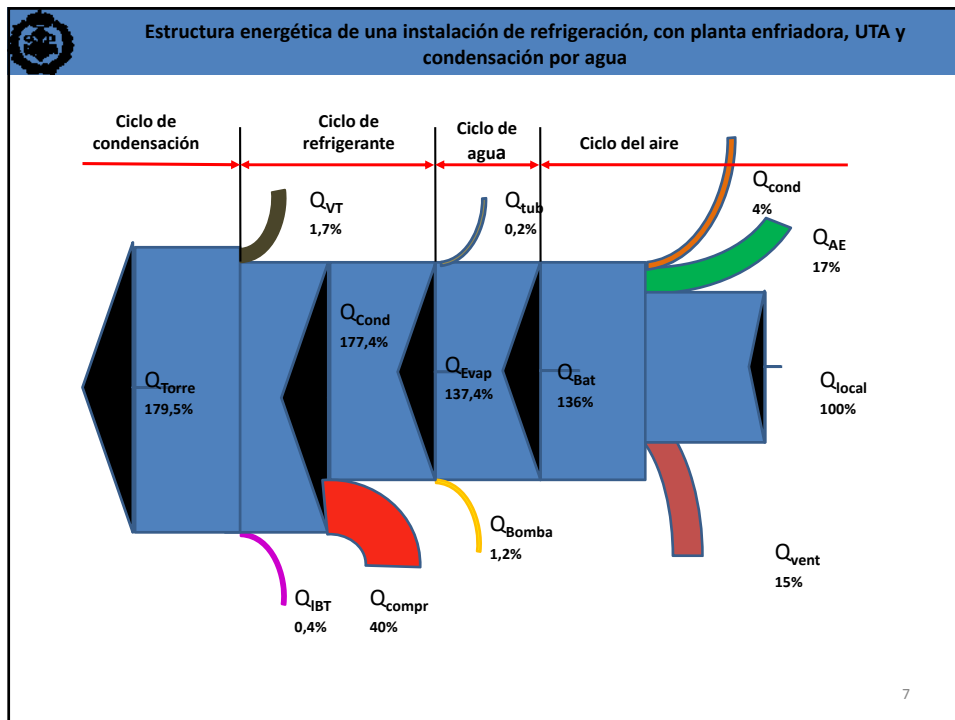
**Evolución temporal consumo energía eléctrica, todos los usos, kWh**

Mes	Consumo (kWh)
Enero	10000
Febrero	11000
Marzo	10000
Abril	9000
Mayo	9000
Junio	10000
Julio	13000
Agosto	14000
Septiembre	13000
Octubre	10000
Noviembre	10000
Diciembre	9000

Consumo de:

- Diversos servicios.
- Diversas fuentes de energía.
- Consumos globales y parciales.
- Consumos por servicios, usos.
- Consumos en períodos, a lo largo de un período (evolución temporal)
- En energía final, primaria, unidades monetarias, emisiones contaminantes.

26/04/2010 6



**¿ Dónde estamos?: Cómo evaluar la energía**

**Magnitudes Asociadas al Consumo Energía**

$C_i$  = Magnitud asociada al Consumo de Energía Final

$$C_i = C_{EF} \cdot k_i$$

$k_i$  = Coeficiente de paso.
 

- a) Energía final: PTCL
- b) Energía Primaria (SOC)
- c) Contaminación MA.(SOC)

**Valoración: Social o Particular**

Resumen

**Estructura energética es una Contabilidad Analítica de la Energía, que informa de:**

- Cuánta** energía se consume.
- Cuáles:** Qué fuentes de energía se emplean.
- Dónde** (usos y servicios) se emplea la energía.
- Cómo** se consume a lo largo del tiempo

**La Estructura Energética no es el Diagnóstico de Eficiencia Energética.**

¿Cómo se obtiene la Estructura energética?


¿Cómo se obtiene el Diagnóstico?

26/04/2010 9

CÓMO SE OBTIENE LA ESTRUCTURA ENERGÉTICA

Procedimiento	Ventaja	Problemática
<input type="checkbox"/> Inventariar		
<input type="checkbox"/> Encuestar		
<input type="checkbox"/> Medición	Situación real	<input type="checkbox"/> ¿Es posible medir? <input type="checkbox"/> Tiempo necesario. <input type="checkbox"/> Instrumental bloqueado. <input type="checkbox"/> COSTE
<input type="checkbox"/> Facturas energéticas	Situación real	❖ Consumos agregados. ❖ Influencia usuario y mantenimiento. ❖ Influencia climática. ❖ COSTE
<input type="checkbox"/> Simulación	Situación no real	➢ Neutralización usuario, mantenimiento y clima. ➢ COSTE
<input type="checkbox"/> Mixto	Facturación, simulación, medición	▪ Coste


26/04/2010 10

 **CÓMO SE OBTIENE LA ESTRUCTURA ENERGÉTICA: primera etapa: inventario**

**¿ QUÉ SE HA DE INVENTARIAR? SÓLO LO QUE SE VAYA A "UTILIZAR"**


- Edificio:
  - ❖ Geometría.
  - ❖ Características constructivas.
- Instalaciones y equipos:
  - ❖ Calefacción, Refrigeración, Ventilación, Iluminación, ACS, Ofimática, Transporte, Alumbrado decorativo externo e interno, Riego, Maquinaria diversa y otros.
  - ❖ Características y prestaciones energéticas de los equipos correspondientes a estas instalaciones y servicios.
- Características ocupacionales y funcionales del edificio:
  - ❖ Horarios, ( personas, maquinaria, servicios)
  - ❖ Exigencias de bienestar, salubridad, acústicas y calidad de aire establecidas.

26/04/2010 11

 **CÓMO SE OBTIENE LA ESTRUCTURA ENERGÉTICA: primera etapa: inventario**

- Situación legal:
  - ❖ Certificados pertinentes de las instalaciones.
  - ❖ Pruebas funcionales de la sinstalaciones.
  - ❖ Libro del edificio.
- Comportamiento de uso.
- Mantenimiento de las instalaciones:
  - ❖ Existencia de mantenimiento preventivo.
  - ❖ Registro de operaciones de mantenimiento.
  - ❖ Calidad del mantenimiento
- Valores de consumos de energéticos.
  - Facturas energéticas de cada fuente de energía. (Mínimo tres años)


26/04/2010 12



### CÓMO SE OBTIENE LA ESTRUCTURA ENERGÉTICA: segunda etapa

- Segunda etapa: Elaboración de la estructura energética, del siguiente modo.
  - Establecer : **el nivel de profundidad** y análisis de la estructura; por ejemplo: Solo del edificio; edificio e instalaciones (servicios); edificios, instalaciones y equipos; por tipos de energía..... ¿Cómo se establece el nivel de profundidad? (Ver walk-trough)
  - Evaluar el porcentaje de influencia del **USO** (comportamiento del usuario) y del **MANTENIMIENTO. ¿Cómo?**
  - Obtener **valores medios mensuales** de los consumos de energía a partir de los históricos de las facturaciones energéticas
  - Segmentar** los consumos globales de energía en función de los diversos usos:
    - ❖ Posible necesidad de medición in situ durante cierto tiempo.
    - ❖ Posible necesidad de simular.
  - Evaluar la **FIABILIDAD** de los resultados conseguidos. ¿Cómo?


26/04/2010 13



### Medir o no medir

- Medir para qué:
  - ❖ Evaluación de consumos: requiere "continuidad".
  - ❖ Evaluación "estado de la instalación.
- Cómo medir: de acuerdo con normas. (Con frecuencia, imposibilidad de ello)
- Qué medir: duplicación de medidas debido a dificultades de medidas in situ
  - Con qué instrumentos medir: Tipo, calibración, precisión.
  - Cuándo medir: por lo general fuera de condiciones de diseño.
- Cómo pasar de Condiciones fuera de diseño a Condiciones nominales

14




### Un comentario aleccionador

Capítulo 7 de la Guía IDAE, “*Procedimientos para la determinación del rendimiento energético de plantas enfriadoras de agua y equipos autónomos de tratamiento de aire.*”

*“ La variabilidad de los diversos factores externos que afectan a las condiciones de funcionamiento, y por consecuencia, a los rendimientos de las máquinas frigoríficas, consideradas como parte de una instalación real, hacen difícil la determinación de valores de rendimiento diferentes de los instantáneos que pueden obtenerse por la aplicación de los procedimientos que se han especificado en los capítulos anteriores de este documento”.*

15



### Problemática de la obtención de la estructura energética

- Con frecuencia, inexistencia o insuficiencia de datos.
- Con frecuencia, datos de facturación agregados.
- Dificultad de evaluar el USO y MANTENIMIENTO en términos de consumo.
- Con frecuencia, necesidad de realizar medidas in situ.
- Con frecuencia , necesidad de simular para segmentar la facturación.



**Resumen:**

- Previsible coste elevado.**
- Previsible tiempo de realización dilatado.**
- Previsible fiabilidad débil**

26/04/2010 16

## Etapas de la Auditoría

Cualquiera que sea el método de llevarla a cabo, la auditoría implica:

- Diagnóstico:**
  - ❖ ~~¿Dónde estamos?~~
  - ❖ ¿Estamos “bien o mal” dónde estamos?
- Tratamiento**
  - ❖ ¿Cómo podemos mejorar?
  - ❖ ¿Cuánto podemos mejorar?
- Prescripción**
  - ❖ ~~Recomendaciones.~~
  - ❖ ~~¿Cuánto nos costará?~~
  - ❖ ~~¿Cuánto nos ahorraremos?~~
  - ❖ ~~¿Cuál es la rentabilidad?~~

26/04/2010 17

## ¿CÓMO SE REALIZA EL DIAGNÓSTICO?

**Preguntas:**

- Obtenida la Estructura energética, ¿Cuál es la conclusión?. ¿ El edificio “está bien” o “mal”?
- Tres etapas:
  - ❖ Concepto de Eficiencia y su medida.
  - ❖ Indices de eficiencia: elección
  - ❖ Comparación con Nivel de referencia

26/04/2010 18

**EFICIENCIA ENERGETICA, según DEEE**

“Cantidad de energía **consumida realmente** (edificios construidos) o que se **estime necesaria** (edificios de nueva planta) para definir las distintas necesidades asociadas a un uso **estándar**(Valores de Referencia) del edificio. Que podrá incluir, **entre otras**, la calefacción, el ACS, la refrigeración, la ventilación y la iluminación. Dicha magnitud deberá quedar reflejada en **uno o mas indicadores.....”**

¿Qué se puede emplear de esta definición y qué no

- Probablemente una traducción técnicamente inadecuada: eficiencia en general, es un término “relacional” y aquí se emplea en términos absolutos.
- La Certificación energética lo es en términos medioambientales. La Auditoria se suele expresar en términos de energía final y unidades monetarias.

26/05/2010 sobre el RITE 19

**Otras definiciones de Eficiencia energética**

- Según curso de “Diseño de Edificios Energéticamente Eficientes”, Grupo Termotecnia, ESII, Sevilla:
- Relación entre el recurso empleado (consumo) y el resultado obtenido (servicio) (Hacer mas con menos)
- Mejorar la eficiencia:
  - Disminuir el consumo sin afectar a la calidad del servicio.
  - Mejorar el servicio con el mismo consumo.
  - Disminuir el consumo y mejorar el servicio.

Indices de eficiencia energética (IEE):

$$IEE = \frac{\text{Consumo de energía}}{\text{Demanda de servicio}}$$

Según la energética:

$$C = \frac{\text{Demanda}}{\text{Rendimiento medio estacional}}$$

IEE= 1/Rendimiento medio estacional

EE=C

??????

26/04/2010 20

**¿CÓMO SE REALIZA EL DIAGNÓSTICO?**

**Preguntas:**

- Obtenida la Estructura energética, ¿Cuál es la conclusión?. ¿ El edificio “está bien” o “mal”?
- Tres etapas:
  - ❖ ~~Concepto de Eficiencia y su medida.~~
  - ❖ Índices de eficiencia: elección
  - ❖ Comparación con Nivel de referencia

26/04/2010 21

**Indices energéticos: interrelación y multiplicidad.**

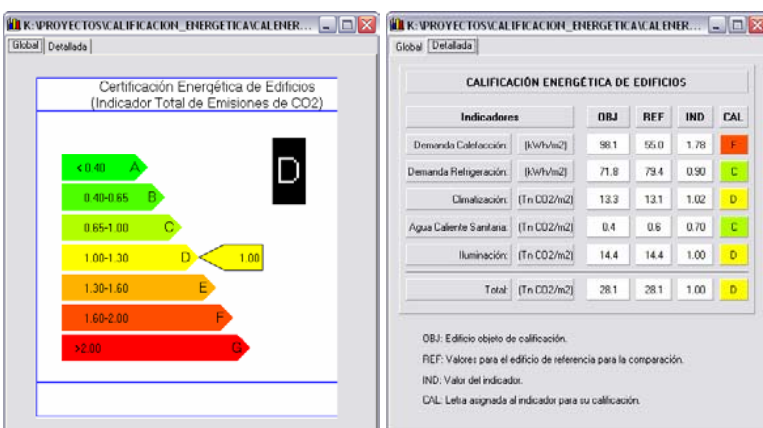
**Indices energéticos: una medida de la Eficiencia Energética**

<b>Absoluto/Relativo</b>	<b>Total/Parcial</b>
<b>Fuente de energía: gas natural, GLP, Gasóleo, Biomasa. ES.</b>	
<b>Naturaleza: EF, UM, EP, Contaminación</b>	<b>Energía final: térmica, eléctrica</b>

**Cuáles y cuantos elegir**

26/04/2010 22

### INDICES/INDICADORES EMPLEADOS EN EL CERTIFICADO ENERGÉTICO DE EDIFICIOS



The image shows two windows from a software application. The left window displays a vertical scale for energy certification from A to G, with a 'D' grade highlighted. The right window shows a table of indicators with columns for 'Indicadores', 'OBJ', 'REF', 'IND', and 'CAL'. The table data is as follows:

Indicadores	OBJ	REF	IND	CAL
Demanda Calefacción [kWh/m²]	98.1	55.0	1.78	F
Demanda Refrigeración [kWh/m²]	71.8	79.4	0.90	C
Climatización [Tn CO2/m2]	13.3	12.1	1.02	D
Agua Caliente Sanitaria [Tn CO2/m2]	0.4	0.6	0.70	C
Iluminación [Tn CO2/m2]	14.4	14.4	1.00	D
<b>Total [Tn CO2/m2]</b>	<b>28.1</b>	<b>28.1</b>	<b>1.00</b>	<b>D</b>

Legend:  
OBJ: Edificio objeto de calificación.  
REF: Valores para el edificio de referencia para la comparación.  
IND: Valor del indicador.  
CAL: Letra asignada al indicador para su calificación.

$IND = C_{EO} / C_{ER}$

$IND = (7/10) = 0.7$

$IND = (6/6) = 1$

❖ Estos índices sirven para orientar las medidas conducentes a una mejor calificación.

❖ No se puede identificar Ahorro de energía con Mejora de la Calificación

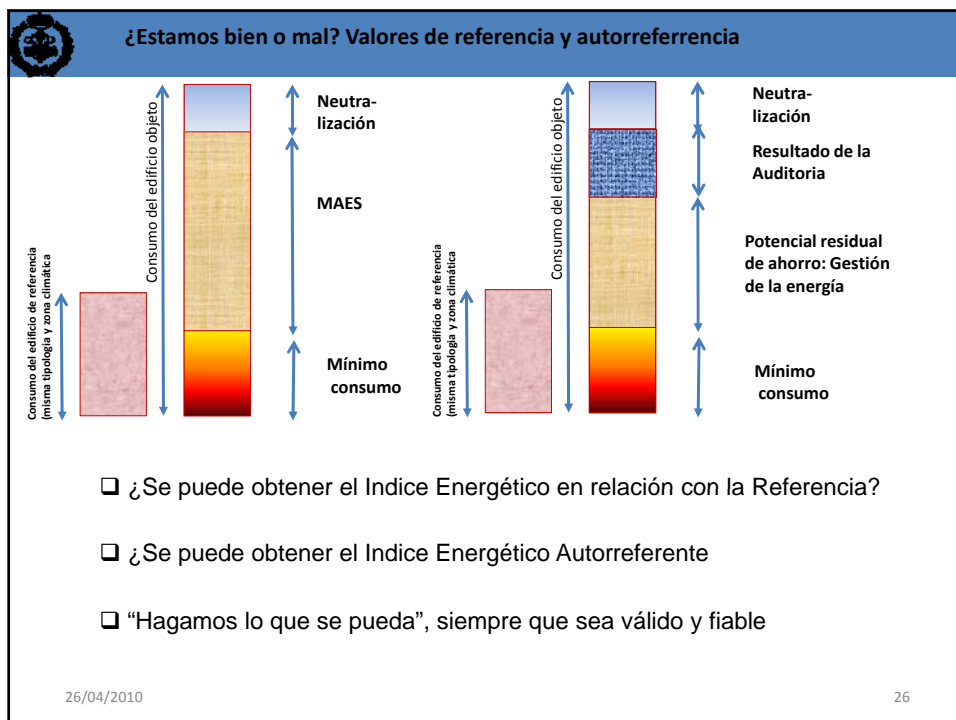
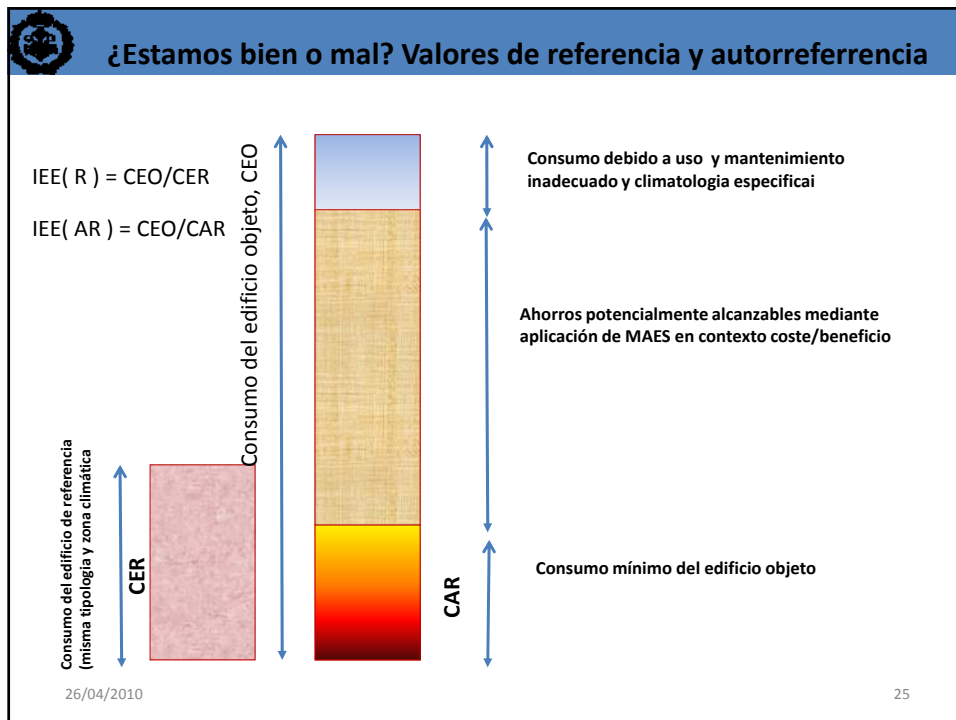
26/04/2010 23

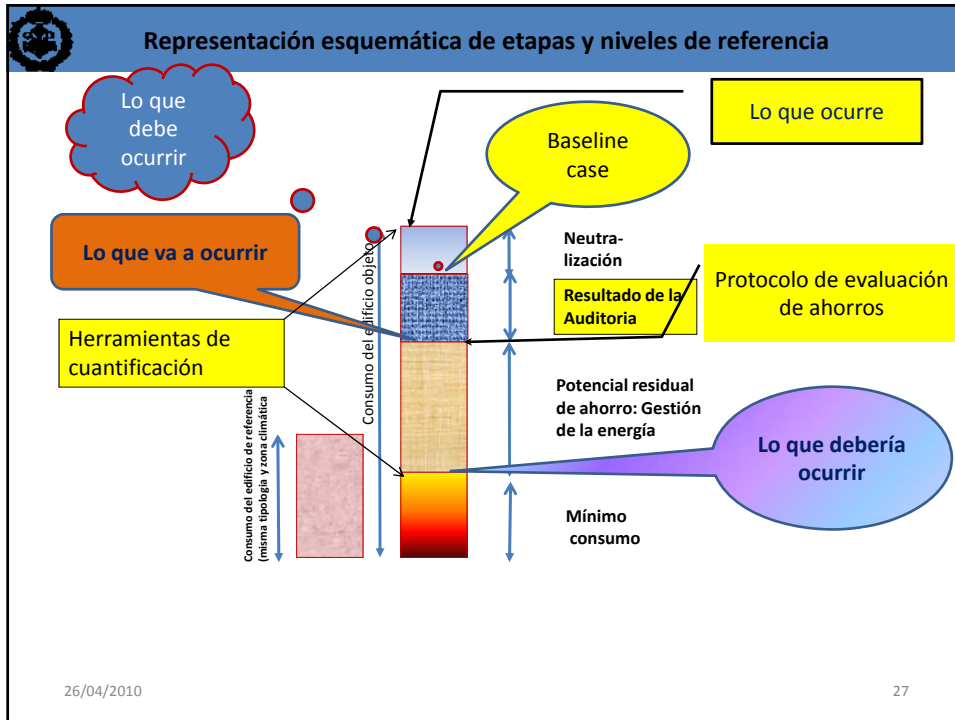
### ¿CÓMO SE REALIZA EL DIAGNÓSTICO?

**Preguntas:**

- Obtenida la Estructura energética, ¿Cuál es la conclusión?. ¿ El edificio “está bien” o “mal”?
- Tres etapas:
  - ❖ ~~Concepto de Eficiencia y su medida.~~
  - ❖ ~~Índices de eficiencia: elección~~
  - ❖ Comparación con Nivel de referencia: **¿Estamos bien o mal?**

26/04/2010 24





### Etapas de la Auditoría

Cualquiera que sea el método de llevarla a cabo, la auditoría implica:

- Diagnóstico:**
  - ❖ ¿Dónde estamos?
  - ❖ ¿Estamos "bien o mal" dónde estamos?
- Tratamiento**
  - ❖ ¿Cómo podemos mejorar?
  - ❖ ¿Cuánto podemos mejorar?
- Prescripción**
  - ❖ Recomendaciones.
  - ❖ ¿Cuánto nos costará?
  - ❖ ¿Cuánto nos ahorraremos?
  - ❖ ¿Cuál es la rentabilidad?

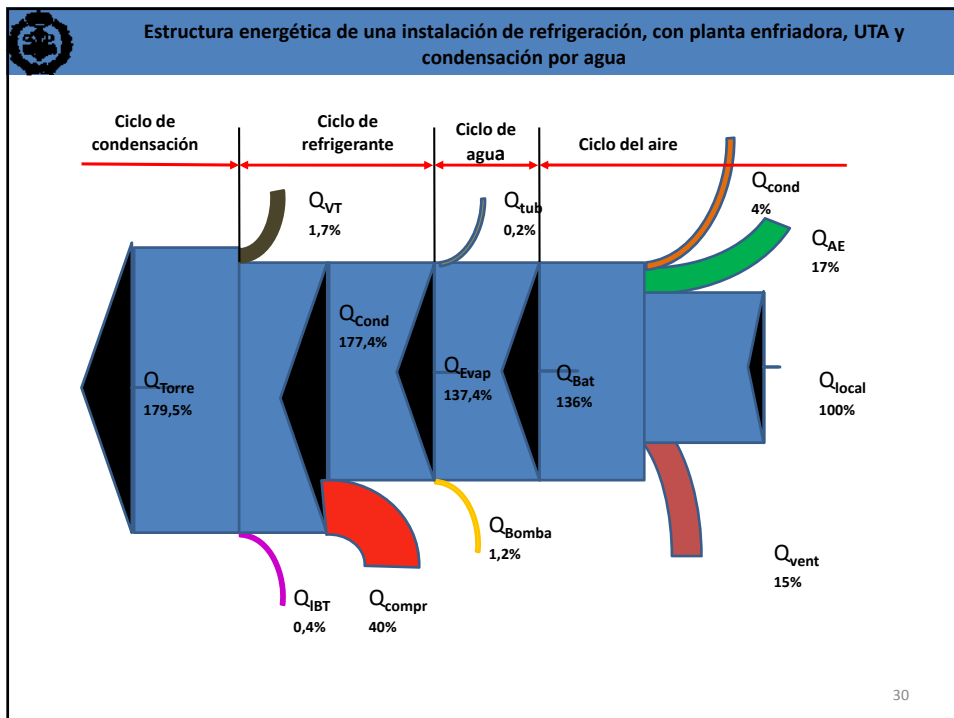
26/04/2010 28


**¿Cómo podemos mejorar?: Identificación de MAES**

Pregunta: ¿Cuáles son las medidas de ahorro energético aplicables?


- Las que se deducen del análisis de la propia estructura energética
- Las que se incluyen en Catálogo de MAES, deducidas del Análisis Energético.

26/04/2010 29





 **Contenido de un Catálogo de MAES**

- Medidas en condiciones de confort y COF.
- Medidas en Mantenimiento
- Medidas de Epidermis
- Medidas en refrigeración
- Medidas en calefacción
- Medidas en ACS.
- Medidas en Iluminación.

 **Etapas de la Auditoría**

Cualquiera que sea el método de llevarla a cabo, la auditoría implica:

- Diagnóstico:**
  - ❖ ~~¿Dónde estamos?~~
  - ❖ ~~¿Estamos "bien o mal" dónde estamos?~~
- Tratamiento**
  - ❖ ~~¿Cómo podemos mejorar?~~
  - ❖ ¿Cuánto podemos mejorar?
- Prescripción**
  - ❖ ~~Recomendaciones.~~
  - ❖ ~~¿Cuánto nos costará?~~
  - ❖ ~~¿Cuánto nos ahorraremos?~~
  - ❖ ~~¿Cuál es la rentabilidad?~~

26/04/2010 32

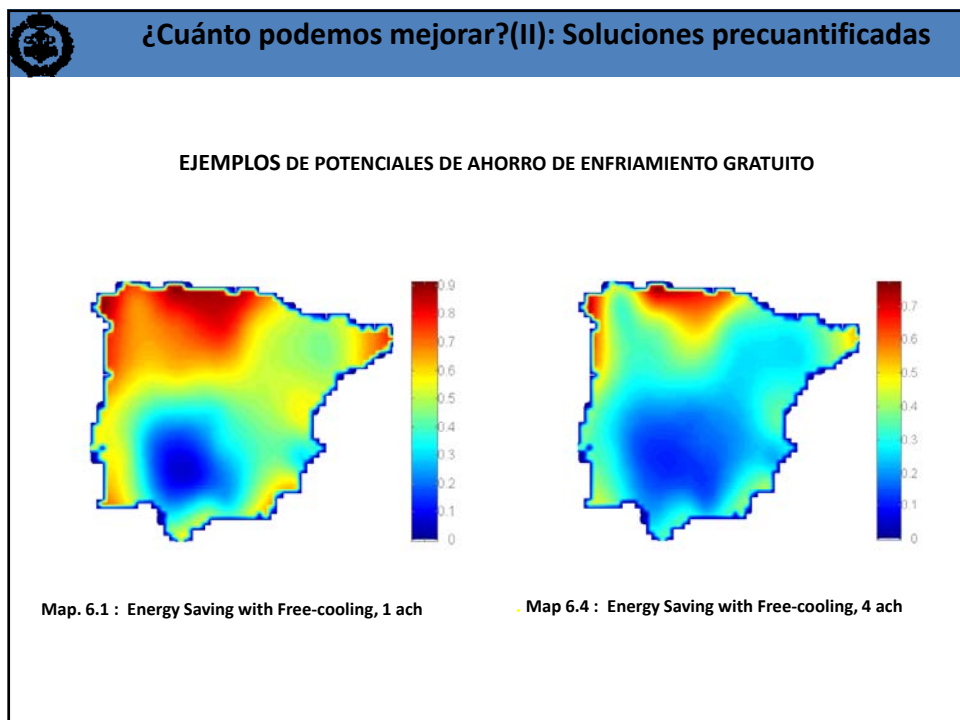
**¿Cuánto podemos mejorar?: Herramientas evaluación de MAES**

MAES precuantificadas: **ATLAS DE POTENCIALES**

MAES evaluadas sin acoplamiento: **TOOLKIT**

MAES evaluadas con acoplamiento: **SIMULACION**

26/04/2010 33



**Disponibilidad de MAES precuantificadas**

**DIRECTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios: considerando número 12:**

“Como en general no se aprovecha completamente el potencial que ofrece la utilización de fuentes de energía alternativas, debe considerarse la viabilidad técnica, medioambiental y económica de tales fuentes. **Esto podrá realizarlo una vez el Estado miembro, por medio de un estudio que proporcione una lista de medidas de conservación de la energía, en condiciones normales del mercado local, que cumplan requisitos de relación coste-eficacia. Antes de que comience la construcción, podrán encargarse estudios específicos si la medida o medidas se consideran viables.**”

- Actualmente no existe dicho Atlas de potenciales energéticos.
- Oportunidad de desarrollo en este aspecto

26/04/2010 35

**¿Cuánto podemos mejorar?: MAES sin acoplamiento**

**Enfriamiento gratuito**

El diagrama ilustra un sistema de ventilación con enfriamiento gratuito. El flujo de aire comienza por la izquierda a través de una 'COMPUERTA' que permite el ingreso de 'AIRE EXTERIOR'. Este aire se mezcla con 'AIRE RECIRCULADO' que proviene de un 'VENTILADOR DE RETORNO' situado en la parte superior. El aire resultante es impulsado por un 'VENTILADOR DE IMPULSIÓN' hacia la derecha, etiquetado como 'AIRE DE IMPULSIÓN'. Finalmente, el aire es expulsado a través de una 'COMPUERTA' superior, etiquetado como 'AIRE EXPULSADO'. El sistema está diseñado para aprovechar el enfriamiento natural del aire exterior cuando las condiciones son favorables.

26/04/2010 36

### ¿Cuánto podemos mejorar?: MAES sin acoplamiento

**Consumos eléctricos actual y previsto**

El consumo actual se obtiene dividiendo la carga total de refrigeración, para el número total de horas de cálculo, por el EER medio estacional de refrigeración

$$C_a = \frac{1}{EER_{ref}} \sum_{i=1}^{n^{\circ}horas} Q_t(i)$$

Curva de carga

Valor suministrado por el usuario

26/04/2010 37

### ¿Cuánto podemos mejorar?(VII): MAES sin acoplamiento

El Consumo previsto se tiene de forma análoga, sumando esta vez la carga modificada obtenida detrayendo de la carga actual el producto del caudal de aire de retorno por la diferencia de entalpía entre las corrientes de extracción y aire exterior

$$C_p = \frac{1}{EER_{ref}} \sum_{i=1}^{n^{\circ}horas} [Q_t(i) - \Delta Q(i)]$$

Curva de carga

Valor suministrado por el usuario

$$\Delta Q(i) = \frac{VI(i) \cdot \rho}{3600} \cdot \Delta H$$


**Con  $\Delta H$  la diferencia de entalpía entre el aire del local y el exterior:**

$$\Delta H = c_p (TL(i) - TE(i)) + L \cdot (XL(i) - XE(i))$$

Caudal de impulsión: inventario

Especificaciones y meteorología


26/04/2010 38



### Situación actual de MAES sin acoplamiento

- Existencia de Catálogo de MAES sin cuantificar; fácil elaboración propia.
- Inexistencia de Catálogo de Maes cuantificadas.
- Grandes posibilidades de desarrollo y posible aceptación generalizada

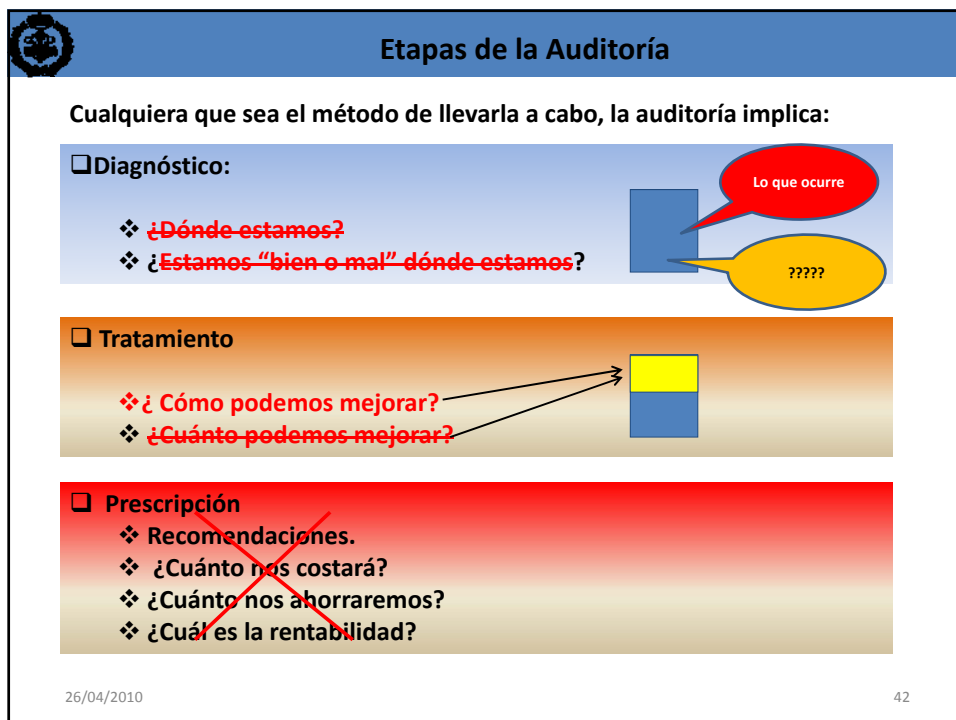
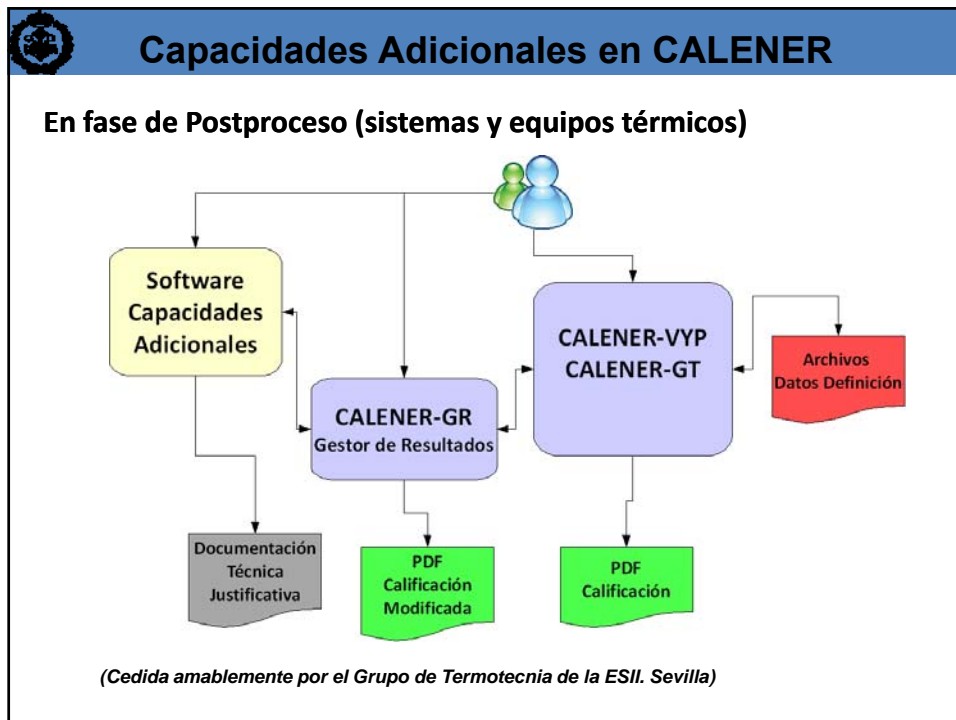
26/04/2010 39



### ¿Cuánto podemos mejorar?: Simulación

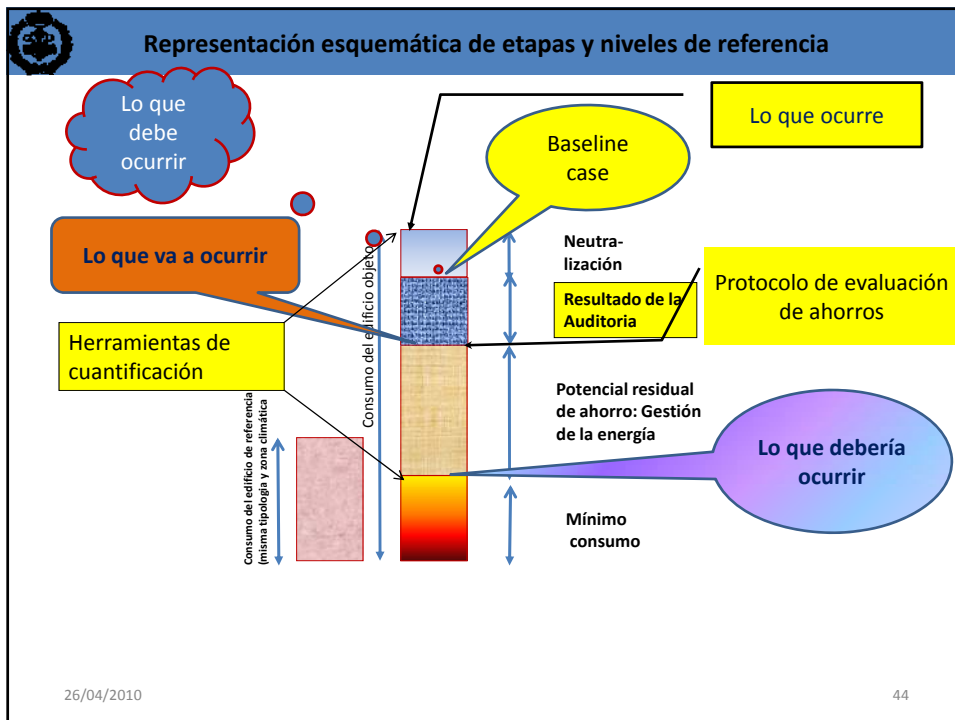
- ¿Qué programas de simulación emplear? : ¿Un programa acreditado?
- CALENER como programa acreditado: Calener es un programa “normativo”
- ¿Se puede emplear CALENER como programa de simulación?
- Limitación de Calener en cuanto a fiabilidad y mejora: Curvas de fabricantes
- Limitación de Calener en cuanto a fiabilidad y mejora: empleo de capacidades adicionales
- No confundir Calificación con Ahorro

26/04/2010 40



## Consecuencias

❖ El coste de una auditoría puede (fácilmente) superar el coste del proyecto.



**Una cuestión de capital importancia: Evaluación de los ahorros alcanzados**


- ❑ Importancia:
  - ❖ Para el propietario del inmueble, si financia la inversión.
  - ❖ Para la Administración, si financia la inversión.
  - ❖ Para la Empresa de Servicios Energéticos, que financia la inversión
- ❑ Procedimiento:
  - ❖ Incorporación y adaptación de un Protocolo Internacional
- ❑ Protocolos más relevantes: ASHRAE, EVO, Australiano

26/04/2010 45

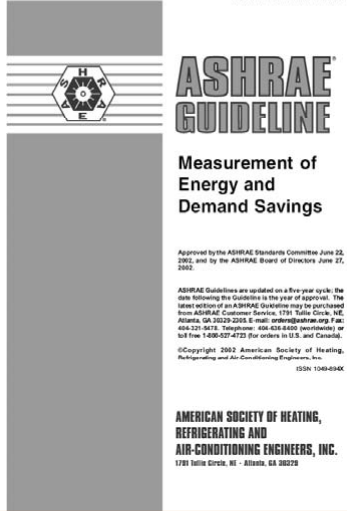
**¿Cómo aseguramos que se han producido los ahorros?  
Protocolos de evaluación de ahorros**

26/04/2010 46

**Protocolos de evaluacion de ahorros**





ASHRAE Guideline 14-2002



**A Best Practice Guide to  
Measurement and  
Verification of Energy  
Savings**

*A companion document to 'A Best Practice  
Guide to Energy Performance Contracts'*

Produced by:  
The Australian Energy Performance Contracting Association for the  
Innovation Access Program of AusIndustry in the  
Australian Department of Industry Tourism and Resources

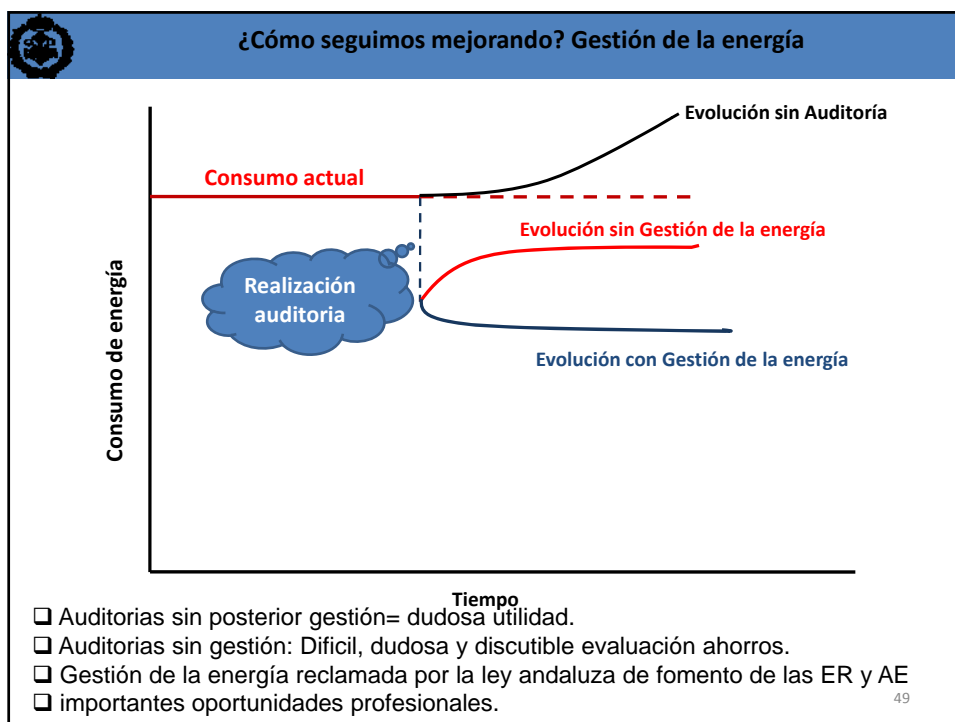
An Australian Government Initiative

26/04/2010 47

**Situacion actual de los protocolos de evaluacion  
de ahorros**

- No incorporados todavia a la práctica del sector.
- No trivial su incorporación.

26/04/2010 48



**Mercado, perspectivas profesionales y necesidades de formación**


**MERCADO.**

1. Certificación Energética Edificios Existentes y Nuevos
2. Inspecciones eficiencia. (RITE).
3. Auditorias ( promoción pública).
4. Auditorías promoción privada.
5. Planes de Gestión de Energía

**Necesidades de formación**

- Energética Edificatoria.
- Cursos instrumentales: Programas normativos LIDER y CALENER.
- Cursos de auditorías energéticas y herramientas asociadas.
- Gestión de la energía


50



### A modo de resumen

- El éxito de una ESE está fuertemente vinculado a la FIABILIDAD de la auditoría inicial y a la implantación de un eficaz protocolo de EVALUACION DE AHORROS
- A FALTA DE UNA Metodología Oficial, las auditorías implican un Diagnóstico de la situación actual, (dónde estamos y cómo estamos), un Tratamiento, ( cómo y cuánto podemos mejorar) y una Prescripción (qué medidas se van a incorporar y cuál es su rentabilidad
- Diagnosticar es levantar la estructura energética del edificio mediante un Mix de Inventario, Encuesta, Mediciones in Situ, Análisis de factura y Simulación.
- Determinar, “cómo estamos” implica obtener Indices de Eficiencia Energética y emplear un Edificio de Referencia o Autorreferente. Probablemente ello no sea posible en las primeras etapas.
- Cómo y Cuánto mejorar implica la realización de un Catálogo de MAES y el empleo de MAES precuantificadas, Toolkits o Simulación, según las disponibilidades

26/04/2010 51



### A modo de resumen

- Confirmar que los ahorros previstos se han producido supone definir un Caso base y un protocolo aceptado de evaluación de ahorros
- Auditorías sin Gestión posterior es dilapidar tiempo y recursos económicos
- Existe un elevado potencial para la actividad profesional y empresarial en este campo
- Existe un deficit de formación técnica, previsto por la propia DEEE, que es necesario cubrir con urgencia y eficacia.

26/04/2010 52