



Guía de Apoyo al Desarrollo de Diagnósticos Energéticos para Instituciones de Educación Superior (IES)



La Agencia Chilena de Eficiencia Energética (ACHEE) es una fundación de derecho privado, sin fines de lucro. Es un organismo autónomo, técnico y ejecutor de políticas públicas en torno a la Eficiencia Energética, que recibe financiamiento público y privado. Actualmente está operando con recursos obtenidos a través del Convenio de Transferencia con la Subsecretaría de Energía, perteneciente al Ministerio de Energía, y al Convenio de Financiamiento establecido con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), agencia implementadora del Fondo proveniente del Global Environment.

Estimadas y estimados,

La Eficiencia Energética puede ser considerada una fuente energética en todos los espacios y sectores, más en aquellos que tienen a la base recursos limitados y necesidades crecientes, como los son las instituciones o establecimientos educacionales, y lograr los beneficios ambientales, económicos y culturales pueden alcanzarse con esfuerzos menores de mejora.

Sin perjuicio de lo cual, como en todo proceso de mejora la información de base es fundamental e irremplazable para que la programación y la toma de decisiones tenga el mayor sustento e impacto alcanzable.

En este sentido, mejorar el desempeño energético de cualquier institución educativa, requiere la definición de un alcance preciso que permita focalizar los esfuerzos y recursos y junto con ello, realizar de un diagnóstico lo más acabo posible que permita definir las metas, los plazos y los logros esperados con un grado de certidumbre.

Esta guía tiene como objetivo colaborar en esta tarea, describiendo los aspectos, conceptos, procedimientos y proponiendo algunos ejercicios aplicables, que permita facilitar el diseño e implementación de medidas para el uso eficiente de la energía en las instituciones de educación superior del país.

Agencia Chilena de Eficiencia Energética

Índice

Estructura de la guía.....	08
1. Introducción	13
1.1 Situación energética de las Instituciones de Educación Superior (IES)	14
1.1.1 Fuentes de energía y principales usos	15
1.1.2 Distribución de consumos energéticos.....	15
2. Primeros pasos del diagnóstico energético.....	25
2.1 ¿Qué es un diagnóstico energético?.....	15
2.2 ¿Por dónde empezar?.....	15
2.3 ¿Quién me puede ayudar?.....	18
2.4 Preparación de la visita	18
2.5 Referencias	18
3. Fase I: Levantamiento de datos	20
3.1 Planificación del levantamiento de datos	20
3.2 Registro de datos de iluminación.....	21
3.3 Registro de datos de climatización	24
3.4 Registro de datos de Agua Caliente Sanitaria (ACS)	32
3.5 Registro de datos de la envolvente térmica	34
3.6 Registro de datos de los equipos.....	37
3.7 Medición de parámetros	37
3.8 Referencias	37
4. Fase II: Contabilidad energética	40
4.1 Conceptos básicos.....	40
4.2 Análisis de suministros energéticos.....	40
4.3 Elaboración del balance energético.....	48
4.3.1 Conceptos básicos.....	48
4.3.2 Tipos de balances energéticos.....	50
4.4 Establecimiento de la línea base.....	57
4.5 Referencias	57

© Agencia Chilena de Eficiencia Energética
 Guía xxxxxx
 N° de inscripción: XXX
 I.S.B.N. XXX
 Primera edición: xx de xxx de 2014

Edición de contenidos
 Vanessa Marimón F, ACHEE.

Ilustración: xxxxxx, Consultora Creara.

Diseño gráfico: xxxxxx, Consultora Creara.

Derechos reservados
 Prohibida su reproducción

5. Fase III: Identificación y cálculo de Medidas de Mejora de Eficiencia Energética (MMEE)	62
5.1 Selección de MMEE	62
5.2 Cálculo del desempeño y el ahorro energético.....	67
5.3 MMEE en iluminación	68
5.3.1 Conceptos básicos.....	68
5.3.2 Descripción de las MMEE en iluminación.....	69
5.3.3 Situación en el sector de las Instituciones de educación Superior (IES).....	73
5.4 MMEE en sistemas de climatización y ACS	77
5.4.1 Conceptos básicos.....	77
5.4.2 Descripción de las MMEE en climatización y ACS	77
5.4.3 Situación en el sector de las Instituciones de Educación Superior (IES).....	85
5.5 MMEE en sistemas de edificación	89
5.5.1 Conceptos básicos.....	89
5.5.2 Descripción de las MMEE en edificación	89
5.5.3 Situación en el sector de las Instituciones de Educación Superior (IES).....	95
5.6 MMEE en equipos.....	98
5.6.1 Conceptos básicos.....	98
5.6.2 Descripción de las MMEE en equipos.....	98
5.6.3 Situación en el sector de las Instituciones de Educación Superior (IES).....	102
5.7 Metodología de Medida y Verificación (M&V) de MMEE.....	105
5.7.1 Ejemplo de plan de M&V sobre MMEE en un sistema de generación de calor	106
5.8 Referencias	106
6. Gestión de la energía y mejora continua.....	111
6.1 Indicadores de seguimiento energético	111
6.2 Sistemas de Gestión de la Energía (SGE) según la norma ISO 50001	113
6.2.1 Beneficios de la implementación de un SGE	114
6.2.2 Metodología de implementación de un SGE.....	117
6.3 Referencias	117
7. Anexos.....	119
7.1 Anexo I: Fichas de levantamiento de datos	119
7.2 Anexo II: Equipos de medición	127
7.2.1 Analizador de redes.....	127
7.2.2 Registrador de temperatura.....	128
7.2.3 Cámara termográfica.....	129
7.2.4 Analizador de gases.....	131
7.2.5 Registrador de ocupación.....	132
7.2.6 Termoflujómetro	134
7.2.7 Luxómetro	134
7.2.8 Otros equipos de medición.....	135
7.3 Anexo III: Glosario	136

Índice de Tablas

Tabla 1. Ejemplo de ordenación de la información	17
Tabla 2. Ejemplo de estimación de horas de uso de los recintos	21
Tabla 3. Tipos de ampolletas.....	22
Tabla 4. Ejemplo de ficha de levantamiento de datos de iluminación	23
Tabla 5. Tipos de sistemas de generación de calor	24
Tabla 6. Ejemplo de ficha de levantamiento de datos de una caldera.....	25
Tabla 7. Ejemplo de levantamiento de datos de una estufa	26
Tabla 8. Tipos de generación de frío.....	26
Tabla 9. Ficha de levantamiento de datos de un chiller	27
Tabla 10. Tipos de sistemas de distribución	28
Tabla 11. Ejemplo ficha de levantamiento de datos de una Unidad Manejadora de Aire.....	29
Tabla 12. Ficha de levantamiento de datos de una bomba	30
Tabla 13. Tipos de elementos terminales.....	31
Tabla 14. Ejemplo de ficha de levantamiento de datos de elementos terminales	32
Tabla 15. Tipos de sistemas de Agua Caliente Sanitaria	32
Tabla 16. Ejemplo ficha de levantamiento de datos termo acumulador de Agua Caliente Sanitaria	33
Tabla 17. Principales elementos de la envolvente térmica.....	35
Tabla 18. Ejemplo de ficha de levantamiento de datos de la envolvente térmica.....	35
Tabla 19. Ejemplo de registro de orientaciones de los recintos	37
Tabla 20. Ejemplo de ficha de levantamiento de datos de equipos.....	37
Tabla 21. Equipos y parámetros de medición.....	38
Tabla 22. Rangos recomendados para parámetros de medición	38
Tabla 23. Ejemplo de datos obtenidos con un luxómetro comparado con la tabla N° 11.25 (Iluminancias mínimas para locales educacionales).....	39
Tabla 24. Ejemplo de datos de consumo de electricidad obtenidos de las boletas	42
Tabla 25. Ejemplo de balance de electricidad por usos	51
Tabla 26. Ejemplo de determinación del desempeño energético por comparación con la línea base	61
Tabla 27. Listado de Medidas de Mejora de Eficiencia Energética de iluminación interior	64
Tabla 28. Listado de Medidas de Mejora de Eficiencia Energética de climatización y Agua Cliente Sanitaria	39
Tabla 29. Listado de Medidas de Mejora de Eficiencia Energética de edificación y equipos.....	66
Tabla 30. Indicadores de desempeño energético.....	112
Tabla 31. Ficha de levantamiento de datos de iluminación.....	120
Tabla 32. Ficha de levantamiento de datos de una caldera.....	121
Tabla 33. Ficha de levantamiento de datos de una estufa	121
Tabla 34. Ficha de levantamiento de datos de un chiller	122
Tabla 35. Ficha de levantamiento de datos de una bomba de impulsión/retorno y recirculación.....	122
Tabla 36. Ficha de levantamiento de datos de una Unidad Manejadora de Aire	123
Tabla 37. Ficha de levantamiento de datos de los elementos terminales	123

Tabla 38. Ficha de levantamiento de datos de la caldera de Agua Caliente Sanitaria.....	124
Tabla 39. Ficha de levantamiento de datos del acumulador.....	124
Tabla 40. Ficha de levantamiento de datos de computadores.....	125
Tabla 41. Ficha de levantamiento de datos de impresoras.....	125
Tabla 42. Ficha de levantamiento de datos de otros equipos consumidores de energía.....	126
Tabla 43. Ficha de levantamiento de datos de envoltente térmica.....	127
Tabla 44. Ejemplo de datos obtenidos con un analizador de gases de una caldera.....	133
Tabla 45. Ejemplo de datos obtenidos con un registrador de ocupación.....	134

Índice de Figuras

Figura 1. Fases de un diagnóstico energético.....	15
Figura 2. Ejemplo de plano del recinto.....	16
Figura 3. Ejemplo de plano de designación de orientaciones.....	36
Figura 4. Ejemplo de boleta de consumo eléctrico.....	41
Figura 5. Pérdidas y ganancias de calor y refrigeración en un edificio.....	50
Figura 6. Clasificación de MMEE en función del costo de implementación.....	63
Figura 7. MMEE en iluminación: medidas que implican recambio tecnológico.....	69
Figura 8. MMEE en iluminación: medidas de gestión.....	70
Figura 9. MMEE en iluminación: adopción de hábitos de uso responsable.....	71
Figura 10. MMEE en climatización: medidas que implican un recambio tecnológico.....	77
Figura 11. MMEE en climatización: medidas de gestión.....	79
Figura 12. MMEE en climatización: adopción de hábitos de uso responsable.....	81
Figura 13. MMEE en ACS: medidas que requieren recambio tecnológico.....	83
Figura 14. MMEE en ACS: medidas de gestión.....	84
Figura 15. MMEE en ACS: adopción de hábitos de uso responsable.....	85
Figura 16. MMEE de la envoltente: opciones de reducción de pérdidas.....	90
Figura 17. MMEE de reducción de pérdidas por conducción.....	90
Figura 18. MMEE de reducción de infiltraciones.....	91
Figura 19. MMEE de reducción de radiación.....	91
Figura 20. MMEE en edificación: adopción de hábitos de uso responsable.....	91
Figura 21. MMEE en equipos: medidas que implican un recambio tecnológico.....	98
Figura 22. MMEE en equipos: medidas de gestión.....	99
Figura 23. Ejemplo de etiqueta de eficiencia energética.....	101
Figura 24. MMEE en equipos: adopción de hábitos de uso responsable.....	101
Figura 25. Ciclo de mejoramiento continuo del sistema de gestión de la energía.....	113
Figura 26. Ejemplo de reducción de emisiones de GEI tras la implementación de la norma ISO 50001.....	116
Figura 27. Requerimientos de la norma ISO 50001 de acuerdo al ciclo de mejoramiento continuo.....	117
Figura 28. Esquema del proceso de revisión energética en una organización.....	118

Figura 29. Analizador de redes.....	128
Figura 30. Cámara termográfica.....	131
Figura 31. Termografía a las tuberías de una bomba de calor.....	131
Figura 32. Termografía a una cristalera.....	132
Figura 33. Analizador de gases.....	133
Figura 34. Luxómetro.....	136

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Distribución media de fuentes energéticas empleadas en IES.....	13
Gráfico 2. Distribución media de usos energéticos empleados en IES.....	14
Gráfico 3. Ejemplo de curva de consumo eléctrico anual.....	43
Gráfico 4. Ejemplo de balance energético por suministros.....	51
Gráfico 5. Ejemplo de balance energético total por usos.....	52
Gráfico 6. Reducción de costos tras la implementación de un SGE.....	115
Gráfico 7. Ejemplo de resultado gráfico obtenido con un analizador de redes en una oficina.....	129
Gráfico 8. Ejemplo de resultado gráfico obtenido con un registrador de temperatura.....	130
Gráfico 9. Ejemplo de resultado gráfico obtenido con un registrador de ocupación.....	135



Estructura de la guía

La Guía de Apoyo al Desarrollo de Diagnósticos Energéticos para Instituciones de Educación Superior (IES) se estructura en 6 capítulos, cada uno con un objetivo específico:

CAPÍTULO	OBJETIVO
1. Introducción	Introducir la situación energética de las Instituciones de Educación Superior (IES).
2. Primeros pasos del diagnóstico energético	Obtener las pautas y acciones fundamentales para la realización exitosa de un diagnóstico energético; desde la recopilación previa de información hasta la obtención de datos "en terreno".
3. Fase I. Levantamiento de datos	Realizar el catastro de toda la información necesaria para conocer qué hay en la instalación y cómo funciona.
4. Fase II. Contabilidad energética	Analizar el comportamiento de los consumos de los establecimientos educacionales, supervisar el flujo de energía e identificar debilidades para luego seleccionar medidas de mejora adecuadas.
5. Fase III. Identificación y cálculo de Medidas de Mejora de Eficiencia Energética (MMEE)	Identificar las principales MMEE para iluminación, climatización, Agua Caliente Sanitaria (ACS), edificación y equipos. Asimismo, calcular la mejora del desempeño energético y el ahorro de costos derivado de la implementación de las MMEE identificadas.
6. Gestión de la energía y mejora continua	Implementar nuevas oportunidades de mejora, relacionadas con la gestión de la energía, definiendo los indicadores más adecuados para el seguimiento de los consumos energéticos. También se presentarán los beneficios de un Sistema de Gestión de la Energía (SGE) según la norma ISO 50001 y cómo un diagnóstico energético puede ser empleado como punto de partida en la implementación de un SGE.

1 Introducción

1. Introducción

1.1 Situación energética de las Instituciones de Educación Superior (IES)

El sector de IES destaca por su heterogeneidad. En primer lugar se debe destacar la diversidad climática a lo largo de la geografía chilena. Los edificios que dan servicio a las IES tienen necesidades energéticas de climatización según la zona del país en que se sitúan.

Desde el punto de vista arquitectónico existen edificios de diversas épocas y calidades (desde edificios históricos de estilo colonial a construcciones de reciente ejecución). Si se observa el aspecto urbanístico, se pueden encontrar edificios integrados en la trama urbana o bajo el formato de "campus".

Las instalaciones técnicas, salvo los sistemas de iluminación, tampoco son uniformes, ya que un porcentaje no despreciable de edificios ni siquiera dispone de un sistema formal de calefacción, frente a edificios con sistemas avanzados de climatización.

El uso deportivo es un importante consumo de energía, como así ocurre en las IES que están dotadas de piscina temperada.

Finalmente, los usos entre las facultades humanísticas y las científicas son muy diferentes, destacando sobre todo la presencia de laboratorios con diferentes propósitos.

1.1.1 Fuentes de energía y principales usos

Las fuentes de energía utilizadas por las IES son fundamentalmente: electricidad, gas natural, gas licuado y diesel. Sin embargo, en las Regiones de la Araucanía y de los Ríos se dan consumos de dendroenergía en forma de leña o pellets.



Gráfico 1. Distribución media de fuentes energéticas empleadas en IES.

1.1.2 Distribución de consumos energéticos

Las siguientes categorías representan los usos a los que se destina el consumo de energía:

- Calefacción.
- Refrigeración.
- Agua Caliente Sanitaria (ACS).
- Iluminación interior.
- Iluminación exterior.
- Equipos informáticos.
- Otros.

A éstos se debe agregar que algunos centros de IES hacen uso de piscinas temperadas, vehículos institucionales y laboratorios.

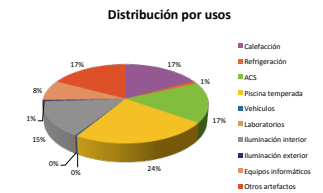


Gráfico 2. Distribución media de usos energéticos empleados en las IES.



2

Primeros pasos del diagnóstico energético

Un diagnóstico energético es el estudio y análisis del uso de la energía en una instalación con el fin de identificar oportunidades de ahorro energético. Puede ser de gran utilidad en una IES para detectar áreas de mejora.



2. Primeros pasos del diagnóstico energético

OBJETIVO

Obtener las pautas y acciones fundamentales para la realización de un diagnóstico energético; desde la recopilación previa de información hasta la obtención de datos "en terreno".

2.1 ¿Qué es un diagnóstico energético?

Un diagnóstico energético es el estudio y análisis del uso de la energía en un edificio, proceso o sistema cuyo objetivo principal es la identificación de oportunidades de ahorro de energía en las instalaciones.

Un diagnóstico energético se realiza en tres fases como muestra el esquema:

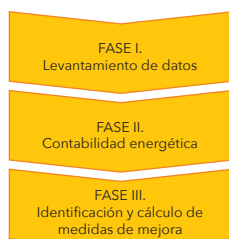


Figura 1. Fases de un diagnóstico energético.

Las tareas a realizar en cada fase se desarrollan en los capítulos 3, 4 y 5 de esta guía.

2.2 ¿Por dónde empezar?

Antes de proceder al levantamiento y al análisis de datos, se debe realizar una recopilación previa de información.

Para esto se debe considerar:

- **Información sobre las instalaciones:** resulta muy conveniente poder contar con todo tipo de documentación relacionada con las instalaciones y su funcionamiento energético. Se deben recopilar:
 - o Planos del establecimiento.
 - o Diagramas unilineales.
 - o Boletas de los suministros energéticos de al menos los últimos 12 meses.
 - o Horarios de funcionamiento.
 - o Otros

Si no se dispone de un plano, se puede elaborar un esquema sencillo donde aparecerán los diferentes recintos. Esto permitirá tener una visión más global de la disposición de las salas, así como calcular lo metros cuadrados de las mismas.

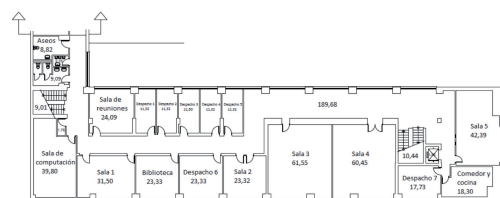


Figura 2. Ejemplo de plano del recinto.

La información del plano se puede resumir en una planilla, tal como se muestra a continuación:

Ejemplo de ordenación de la información				
Ubicación	Horario	N° personas (media)	Metros cuadrados	Número
Sala 1	9:00-13:00 / 15:00-17:00	28	31,50	1
Sala 2	10:00-12:00 / 14:00-17:00	22	23,32	1
Sala 3	9:00-13:00 / 14:00-17:00	50	61,55	1
Sala 4	9:00-13:00 / 15:00-17:00	50	60,45	1
Sala 5	9:00-13:00 / 14:00-16:00	40	42,39	1
Sala computación	8:00-13:00 / 14:00-18:00	25	39,80	1
Sala de reuniones	10:00-14:00	10	24,09	1
Aseos	8:00-13:00 / 14:00-18:00	2	8,82	2
Despachos 1,2,4,5	9:00-13:00 / 14:00-18:00	2	11,32	4
Despacho 3	9:00-14:00	1	11,50	1
Despacho 7	9:00-12:00	1	17,73	1
Biblioteca	8:00-18:00	80	23,33	1
Comedor y cocina	12:00-16:00	15	18,30	1

Tabla 1. Ejemplo de ordenación de la información.

• **Estudio del contexto del establecimiento educacional:** es importante realizar un estudio de la zona para identificar parámetros que puedan afectar al consumo de energía del establecimiento educacional. En ese sentido se recomienda revisar:

- **Parámetros climatológicos:** como la temperatura ambiente, la humedad relativa o la variedad estacional entre otros. Esto ayudará a determinar las necesidades de climatización incluso las horas de uso de la iluminación. En la página de la Dirección Meteorológica¹ se puede consultar este tipo de información.
- **Disponibilidad de suministros energéticos:** para conocer de qué fuentes de energía se dispone. Dependiendo de los suministros energéticos disponibles se tendrá un mayor o menor potencial de cambio para fuentes energéticas más económicas o eficientes.
- **Legislación vigente:** para comprobar que las instalaciones cumplen con los requisitos mínimos. Esto permitirá identificar algunos cambios necesarios de las instalaciones. A modo de ejemplo, algunas de las fuentes que se pueden consultar son: la Ordenación General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile (RITICH) y Decretos como el 97 de definición de estándares mínimos de eficiencia energética o la resolución sobre etiquetado de eficiencia energética.

Con toda esta información se procederá a definir el alcance del diagnóstico energético en cuanto a número de edificios e instalaciones a analizar y los recursos necesarios.

2.3 ¿Quién me puede ayudar?

Es importante identificar al personal que puede facilitar información sobre la operación: auxiliares, encargados de mantención u otros.

También se debe conocer quién es el responsable de las boletas de los suministros energéticos y de otros datos de interés para el diagnóstico tales como planos del establecimiento, horas de uso de cada sala u ocupación, entre otros.

2.4 Preparación de la visita

Es recomendable planificar la visita de las instalaciones, avisando con suficiente antelación al personal de mantenimiento para que puedan ayudar con el levantamiento de información.

También se debe preparar de forma previa el material a emplear en la visita: fichas para el registro de datos y equipos de medición.

CONSEJO

Se recomienda preparar las fichas de levantamiento de datos adaptadas a las necesidades del diagnóstico energético del establecimiento educacional. En el capítulo 3 de levantamiento de datos hay ejemplos de cómo trabajarlas y en el Anexo I hay fichas en blanco para su utilización.

En el caso de realizar mediciones de parámetros energéticos (temperatura, iluminancia, entre otros), se deberán preparar los equipos de medición a emplear. Para mayor información consultar el capítulo 3 y el Anexo II.

RESULTADOS CONSEGUIDOS

- Alcance del diagnóstico energético definido.
- Información recopilada sobre los edificios y las instalaciones.
- Fichas de levantamiento de datos preparadas para la visita a terreno

2.5 Referencias

- Dirección Meteorológica de Chile.
- Ordenación General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile (RITICH).
- Decreto 97, de definición de estándares mínimos de eficiencia energética.
- Resolución sobre etiquetado de eficiencia energética.

¹ Dirección Meteorológica de Chile: <http://www.meteochile.gob.cl/>



3

Fase I: Levantamiento de datos

El levantamiento de datos es el primer paso de un diagnóstico energético. Consiste en identificar los equipos consumidores de energía y es muy útil para una IES ya que permite conocer los principales sistemas de la instalación.

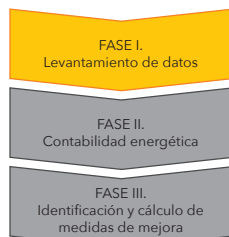


3. Fase I: Levantamiento de datos

OBJETIVO

Realizar el catastro de toda la información necesaria para conocer qué hay en una instalación y cómo funciona.

El levantamiento de datos es la primera fase de un diagnóstico energético:



3.1 Planificación del levantamiento de datos

Una vez recabada y analizada la información inicial disponible, se procede a realizar la visita y recorrido en la instalación, ello permitirá una evaluación más completa y certera.

El objetivo principal de este catastro consiste en conocer qué hay en la instalación y cómo funciona, ya que resulta imposible calcular el impacto de las medidas sin conocer a fondo la instalación.

CONSEJO

Pedir la colaboración del responsable de las instalaciones. Su función en esta fase resulta indispensable pues está encargado del mantenimiento de todo el edificio y conoce perfectamente su funcionamiento.

El consumo energético, medido en kWh, es igual a la potencia (kW) por el tiempo (horas). Los principales datos que se necesitan obtener durante la visita son, por tanto, la potencia de los equipos consumidores de energía (eléctrica, térmica y otras) y sus horas de uso.

En general, se distinguen cinco categorías de sistemas que coinciden con los principales usos de la energía en las instalaciones, donde se incluyen los puntos clave sobre los que se debe prestar especial atención en el levantamiento de los datos que señala el siguiente diagrama:



Para establecer el horario de uso de manera sencilla cuando se esté visitando el edificio, se propone elaborar una tabla similar a la siguiente:

Recinto	Horas al día	Días a la semana	Días al año	Horas anuales
Sala clase 1	5	4	4 x 39 = 156	156 x 5 = 780
Sala clase 2	6	5	5 x 39 = 195	195 x 6 = 1170
Sala de reuniones	2	5	5 x 38 = 190	190 x 2 = 380
Biblioteca	12	6	6 x 40 = 240	240 x 12 = 2880
Oficina profesores	8	5	5 x 38 = 190	190 x 8 = 1520

Tabla 2. Ejemplo de estimación de horas de uso de los recintos.

3.2 Registro de datos de iluminación

El catastro debe recoger las características de los distintos tipos de ampolletas y sus respectivos equipos auxiliares, así como su horario de utilización. Se debe realizar para todas las IES (salas de clase, casinos, oficinas, biblioteca, entre otros).

La siguiente tabla muestra los diferentes tipos de ampollas existentes para facilitar su identificación durante la visita:

Tipo de ampollita	Eficacia (lm/W)	Potencia (W)	Imágenes de los tipos de ampollita			
Incandescente	6-16	20-100				
De descarga (Halogenuros metálicos)	75-125	20-24000				
Halógena	16-30	55-300				
Compacta	46-80	10-80				
LED	80-160	0,2 - 150				
Fluorescente	70-120	8-80				

Tabla 3. Tipos de ampollitas.

Para más detalle en el conocimiento de los diferentes tipos de ampollas y otros elementos que componen los sistemas de iluminación se puede consultar la "Guía de Eficiencia Energética en Iluminación. Centros Docentes" del IDAE¹.

A continuación se muestra el ejemplo de un catastro realizado para la iluminación de un edificio, a partir de la visita in situ. Se pueden encontrar los formatos de fichas de levantamiento de datos de iluminación en el Anexo I de esta guía.

Ejemplo de ficha de levantamiento de datos de iluminación							
Recinto	Oficina 1	Oficina 1	Sala 1	Sala 1	Sala 1	Sala 1	Bodega
Tipo de ampollita	Halógena dicroica	Compacta ahorradora tomado	Halógena dicroica	Compacta ahorradora tomado	Incandescente tipo A	Halógena dicroica	Fluorescente TL5
Potencia (W)	50	36	50	32	60	50	36
Número de grupos	2	4	11	8	5	1	1
Número de ampollita por grupo	3	2	1	3	1	1	2
Potencia del equipo auxiliar (W)	0	0	0	0	0	0	7,2
Potencia total (W)	300	288	550	768	300	50	86
Existencia detectores de presencia	No	No	No	No	No	No	No
Horas al día	7	2,8	2,8	2,8	2,8	4,2	4,2
Días al año	149	149	149	149	149	149	149

Tabla 4. Ejemplo de ficha de levantamiento de datos de iluminación.

CONSEJO

Revise la "Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos Educativos (GEEEduc)" de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética² para encontrar ejemplos de control y diseño de la iluminación.

Además, es necesario identificar la existencia de sistemas centralizados de encendido y apagado, interruptores temporales, detectores de luz natural y aprovechamiento de la luz natural en cada uno de los recintos.

¹ http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_5573_GT_iluminacion_centros_docentes_01_6803ds23.pdf

² Agencia Chilena de Eficiencia Energética: www.achee.cl/recursos/guias apartado de "Edificación".

3.3 Registro de datos de climatización

En el catastro de climatización es necesario distinguir entre los subsistemas: generación de calor y/o frío, distribución y elementos terminales. A continuación se presentan una serie de tablas que pueden servir de herramientas para el levantamiento de la información necesaria para estos subsistemas. Se encuentran además los formatos de las fichas de levantamiento de datos en el Anexo I de la guía.

• **Generación de calor**

Se debe conocer cuál es el sistema de generación de calor del edificio, teniendo en cuenta que es posible que existan varios sistemas diferentes.

La siguiente tabla muestra los tipos de sistemas más comunes para facilitar su identificación durante la visita:

Tipo de sistema	Características			
	Convencional Rendimiento (80-85%) Funcionan a altas temperaturas	Baja Temperatura Rendimiento (90-95%)	De condensación Rendimiento (100-105%) Solo trabajan con gas natural	
Calderas				
Sistemas eléctricos	Caldera eléctrica	Resistencia eléctrica o radiadores eléctricos	Bomba calor	Estufas eléctricas
Estufas				
	De leña	De biomasa	De gas natural	De gas licuado

Tabla 5. Tipos de sistemas de generación de calor

La "Guía para Calificación de Consultores en Eficiencia Energética" de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética clasifica las calderas y explica su funcionamiento para un mejor entendimiento de este tipo de equipos de generación de calor.

A la hora de recopilar la información sobre una caldera, o cualquier otro equipo de sistema, corresponde fijarse en la placa de características técnicas, en las especificaciones de los catálogos del fabricante y en los datos que facilitados por el personal de mantenimiento:

Designación	Caldera 1
Descripción	Caldera de condensación
Recinto	Sala de calderas
N° Unidades	1
Marca	Viessmann
Modelo	Vitrocrossal 200 CT2
Potencia térmica nominal kW	503
Rendimiento nominal (%)	106%
Rendimiento real medido (%)	[-]
Tipo de regulación del quemador	Modulante (25% - 100%)
Año de instalación	2007
Servicio	Edificio principal
Horario de operación	24 horas
Periodo de calefacción	Mayo - septiembre

Tabla 6. Ejemplo de ficha de levantamiento de datos de una caldera.

En el caso de encontrar estufa de leña, de la misma manera que en casos anteriores, se debe realizar el levantamiento de sus principales características:

Descripción	Estufa de leña
Tipo	Cámara simple
Recinto	Oficina 1
N° Unidades	1
Marca	Gross
Área de calefacción máxima	80 m²
Potencia (Kcal/h)	6.500
Tipo de combustible	Leña de eucalipto
Horas de uso anuales	1.500

Tabla 7. Ejemplo de levantamiento de datos de una estufa.

• Generación de frío

Es necesario identificar el sistema de generación de frío y calor del establecimiento educacional, ya que pueden existir varios sistemas a la vez.

La tabla a continuación muestra los diferentes tipos de sistemas de generación de frío para facilitar su identificación durante la visita:

Tipo de sistema	Características		
Chiller	Aire-Aire No necesitan circuito secundario Uso con splits Rendimiento bajo	Aire-Agua Necesita tuberías para canalizar el agua hacia la UMA Rendimiento medio	Agua-Agua Necesita torres de refrigeración y tuberías para el agua fría Rendimiento alto
Bomba de calor			

Tabla 8. Tipos de generación de frío.

Si se desea conocer más sobre sistemas de refrigeración se recomienda consultar la "Guía de Asistencia Técnica de EE en sistemas Motrices, Sistemas de Refrigeración" de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética*.

A partir de la placa de los sistemas de generación de frío se deben anotar los siguientes parámetros:

Designación	Chiller 1
Descripción	Chiller para la generación de frío
Recinto	Cubierta
N° Unidades	1
Marca	Trane
Modelo	CGAN 214
Potencia térmica nominal (kW)	462
Potencia eléctrica nominal (kW)	172
Rendimiento nominal REE	2,69
Año de instalación	2007
Servicio	Edificio principal
Horario de Operación	24 horas
Periodo de refrigeración	Diciembre - enero

Tabla 9. Ficha de levantamiento de datos de un chiller.

También se debe considerar la ubicación de estos elementos ya que la intemperie y la radiación solar también pueden afectar al funcionamiento y la eficiencia de algunos aparatos.

A modo de ejemplo, si un equipo se encuentra en una cubierta, es necesario identificar si existe un elemento de sombra.

• Distribución

Para conectar los sistemas de generación de calor y frío con los elementos terminales existen diferentes sistemas de distribución que también se deben identificar en la visita:

Tipo de sistema de distribución	Imágenes de los sistemas de distribución
Tuberías	
Conductos de aire caliente	
Unidades Manejadoras de Aire	

Tabla 10. Tipos de sistemas de distribución.

A continuación se muestra el ejemplo de un catastro realizado para una UMA, a partir de la visita in situ:

Designación	UMA 1	
Descripción	Unidad Manejadora de Aire	
Recinto	Sótano 1	
Marca	Carrier	
Modelo	39 M Aero	
Potencia térmica nominal (kW)	Refrigeración	32
	Calefacción	13
Climatizadora con freecooling	Si	
Climatizadora con recuperador entálpico	Si	
Año de instalación	2007	
Servicio	Edificio principal	
Horas/Año de operación	8.760	

Tabla 11. Ejemplo ficha de levantamiento de datos de una Unidad Manejadora de Aire.

Es necesario identificar si las tuberías y conductos están aislados, así como el material de aislación térmica (lanas de minerales y vidrio, entre otros).

* Agencia Chilena de Eficiencia Energética: www.achee.cl/recursos/guias, área de acción "Industria y Minería"

También corresponde levantar los datos de las bombas de impulsión, retorno y recirculación que mueven los fluidos del sistema de climatización, tal como se muestra en el ejemplo a continuación:

Ejemplo de ficha levantamiento de datos de una bomba de impulsión/retorno y recirculación	
Designación	Bomba 1
Descripción	Primario bomba de calor
Recinto	Sala de calderas
N° Unidades	2
Marca	Grundfoss
Modelo/Tipo	TPD-100-130/4
Caudal (m3/h)	82,62
Altura max. (m)	9,70
Potencia del motor (kW)	4,00
Existencia de variador de frecuencia	No
Existencia de aislamiento en las tuberías de distribución	No
Horas/Año de operación	8.760

Tabla 12. Ficha de levantamiento de datos de una bomba.

Para un mejor conocimiento del sistema de bombeo, un buen documento de referencia es la "Guía de Asistencia Técnica de EE en Sistemas Motrices. Sistemas de bombeo" de la Agencia Chilena de la Eficiencia Energética³.

• Elementos terminales

Dependiendo del tipo de sistema de climatización existente se deben identificar: radiadores, fancoils, losa radiante o conductos de aire en cada uno de las IES.

La siguiente tabla muestra los diferentes elementos terminales para facilitar su identificación durante la visita:

Tipo de elemento terminal	Características
Sistemas de radiadores	 Intercambio de calor por radiación y convección. Requiere temperaturas en torno a 70°C.
Losa radiante	 Intercambio de calor por conducción y convección. Requiere de menor temperatura de salida (35-40°C).
Fancoils	 Split (chorro horizontal desde la muralla)  Cassette (chorro vertical desde el cielo)
Conductos sin impulsión	 El aire caliente sale de los conductos sin necesidad de ventilador.

Tabla 13. Tipos de elementos terminales.

A continuación se muestra el ejemplo del registro de datos para un elemento terminal, a partir de la información de la visita:

Ejemplo de ficha levantamiento de datos de elementos terminales	
Designación	Fancoil 1
Descripción	Fancoil
Recinto	Oficina 1
Marca	Junkers
N° Unidades	10
Potencia frigorífica (kW)	7,6
Potencia térmica (kW)	17
Horas de funcionamiento	660
Designación	Fancoil 1
Descripción	Fancoil

Tabla 14. Ejemplo de ficha de levantamiento de datos de elementos terminales.

3.4 Registro de datos de agua caliente sanitaria

El sistema de Agua Caliente Sanitaria (ACS) es el encargado de calentar el agua y distribuirla a temperatura ambiente a los puntos de consumo. Los sistemas de ACS pueden formar parte del sistema de calefacción o tener alguno de los siguientes sistemas autónomos:

Tipo de sistema	Características
Calefón de paso	Consumen a demanda
	 Calefón eléctrico  Calefón de gas
Termo de acumulación	 Acumulan agua a una temperatura regulada por termostato

Tabla 15. Tipos de sistemas de Agua Caliente Sanitaria.

Si se desean conocer mejor los sistemas de producción de ACS, el IDAE⁴ ha publicada la "Guía técnica de Agua Caliente Sanitaria Central", donde se pueden ver los tipos de sistemas que existen y los elementos que lo componen.

³ Agencia Chilena de Eficiencia Energética: www.achee.cl/recursos/guias_ área de acción "Industria y Minería"

⁴ IDAE (Instituto por la Diversificación y el Ahorro Energético de España): <http://www.idae.es/>, dentro de Publicaciones → Ahorro y Eficiencia energética → Edificios

En el caso de que exista un acumulador para el agua caliente se debe anotar el volumen del mismo y otras características, tal como se muestra en el ejemplo a continuación:

Ejemplo de ficha de levantamiento de datos del termo acumulador de ACS	
Designación	Acumulador 1
Descripción	Acumulador de ACS
Recinto	Sala de calderas
N° Unidades	4
Marca	Heatsun
Modelo	AC406250T
Potencia térmica nominal (kW)	2,7
Capacidad (litros)	2.500
Temperatura acumulación	45°C
Año de instalación	2007

Tabla 16. Ejemplo ficha de levantamiento de datos termo acumulador de Agua Caliente Sanitaria.

Se pueden encontrar fichas de levantamiento de datos para estos equipos en el Anexo I de esta guía.

Se debe considerar la ubicación de estos elementos, ya que la intemperie y la radiación solar pueden afectar el funcionamiento y la eficiencia de algunos aparatos. A modo de ejemplo, si un equipo se encuentra en una cubierta, es necesario identificar si existe un elemento de sombra.

Además, se debe registrar el uso diario del ACS, el número de llaves de lavamanos y duchas y la existencia de perflizadores (dispositivo ahorrador de agua cuyo funcionamiento se basa en la mezcla de agua y aire produciendo un chorro abundante y suave generando un ahorro de hasta un 50 % de agua y energía). Para más información consultar las

páginas 179 a 186 de la "Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos de Salud (GEEESal)"⁴ de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética.

3.5 Registro de datos de la envolvente térmica

Es necesario caracterizar la envolvente térmica del establecimiento educacional a partir de los siguientes datos: material de construcción del edificio, aislamiento de los elementos de la envolvente térmica como cielo, muros y piso, materialidad de las ventanas y puertas, y tipo de acristalamiento, si es simple o termopanel.

La siguiente tabla muestra los principales tipos de materiales para ayudar a su identificación:



Elemento de la envolvente térmica	Tipologías principales de materiales			
Materialidad principal del edificio	 Albañilería	 Madera	 Hormigón	
Aislamiento de envolvente térmica	 Lana mineral	 Lana de vidrio	 Poliestireno expandido	 Poliuretano
Materialidad del marco de ventanas	 Madera	 Aluminio	 PVC	
Tipo de acristalamiento	 Simple		 Termopanel	

Tabla 17. Principales elementos de la envolvente térmica.

⁴ Agencia Chilena de Eficiencia Energética: www.achee.cl/recursos/guias, en el área de acción "Edificación".

A continuación se muestra el ejemplo de un catastro realizado para la envolvente de un edificio, a partir de la visita en terreno:

Ejemplo de ficha de levantamiento de datos de la envolvente térmica				
Materialidad principal	Albañilería	Albañilería	Madera	Madera
Aislamiento de muros	No	Poliestireno 40mm	No	Lana mineral 50mm
Aislamiento de cielo	No	No	Lana de vidrio 40 mm	Poliestireno 50mm
Aislamiento de pisos	No	No	No	No
Número de puertas	20	15	17	22
Materialidad de puertas	Madera	Madera	Madera	Madera
Número de ventanas	62	58	60	69
Materialidad de ventanas	Aluminio	PVC	Madera	Madera
Tipo de acristalamiento en ventanas	Simple	Simple	Simple	Termopanel

Tabla 18. Ejemplo de ficha de levantamiento de datos de la envolvente térmica.

El formato de esta ficha de levantamiento de datos se encuentra en el Anexo I.

Debe realizarse una inspección de aspectos tales como continuidad de la instalación de materiales aislantes, en especial en techumbre. Además de revisar la existencia de grietas en muros y el estado de conservación de sellos de ventanas y puertas, junto con los encuentros entre éstas y muros a través de marcos.

El objetivo de esto es determinar potenciales infiltraciones de aire así como "puentes térmicos" dados por la discontinuidad del material aislante.

Existen diferentes opciones para obtener los datos del aislamiento de la envolvente:

- Revisión de los planos del edificio o del informe del proyecto de edificación.
- Realización de una prueba de la envolvente, lo que permite una caracterización en detalle. Esta medida es muy agresiva y normalmente no se lleva a cabo.
- Medición de la transmitancia térmica, es decir, determinar la energía que atraviesa la superficie o los materiales que forman la envolvente empleando un instrumento de medición llamado termoflujómetro. Cuando no se dispone de este equipo, también se puede estimar en función del espesor y del año de construcción del edificio.

También es recomendable hacer un diagnóstico de la orientación y los sombreados del edificio, ya que dichos factores pueden afectar a la demanda energética del mismo. Si se dispone de una brújula o GPS (Sistema de Posicionamiento Global) será más sencillo poder orientar todos los puntos cardinales en la situación del edificio. En caso de no disponer de ningún equipo de ayuda para determinar la orientación habrá que fijarse en las posiciones del sol a lo largo del día con respecto al edificio.

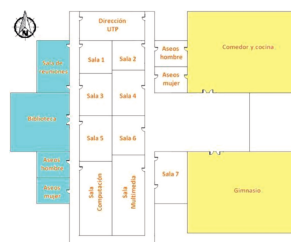


Figura 3. Ejemplo de plano de designación de orientaciones.

Se anotarán en una tabla como la siguiente las orientaciones de cada una de las salas que tienen contacto con la fachada, pues son estas las que se van a ver afectadas por las variaciones climatológicas externas:

Orientaciones del edificio			
Recinto	Orientación	Recinto	Orientación
Sala de reuniones	Poniente	Comedor y Cocina	Norte y Oriente
Biblioteca	Poniente	Gimnasio	Sur y Oriente
Aseos hombre	Poniente	Sala 7	Sur
Aseos mujer	Poniente	Sala Computación	Sur
Dirección UTP	Norte	Sala Multimedia	Sur

Tabla 19. Ejemplo de registro de orientaciones de los recintos.

3.6 Registro de datos de los equipos

En este apartado se incluyen todos los equipos consumidores de energía que no pertenezcan a las categorías anteriores como la iluminación y climatización. En primer lugar habrá que registrar el tipo de equipo: oficina, audiovisuales, laboratorio, ascensores, equipos de cocina y otros. Los que más predominan en los centros educativos son los equipos de oficina (computadores, impresoras, entre otros).

Ejemplo de ficha de levantamiento de datos de computadores	
Designación	Computadores
Recinto	Sala C
Unidades	15
Potencia nominal (W)	85
Potencia en Stand-by	13
Horas/año de funcionamiento	730

Tabla 20. Ejemplo de ficha de levantamiento de datos de equipos.

Los ascensores pueden repercutir en gran medida en el consumo, por ello, si existen en el edificio, se debe anotar el tipo de ascensor (eléctrico de tracción, hidráulico o de tracción vertical) y las características del motor.

Los formatos de las fichas de levantamiento de datos para estos equipos se encuentran en el Anexo I.

3.7 Medición de parámetros

Si se quiere realizar un diagnóstico de mayor profundidad y se dispone de los equipos adecuados, se pueden realizar mediciones sobre determinados parámetros. Para ello, y en función de la información que se quiere obtener, se utilizan los equipos que se describen en la tabla siguiente:

Parámetro	Equipo
Energía eléctrica de la instalación (corriente, tensión, factor de potencia)	Analizador de redes
Temperatura ambiente	Registrador de temperatura
Temperatura superficial	Cámara termográfica
Rendimiento de combustión de una caldera	Analizador de gases
Cantidad de gases emitidos por una caldera	
Nivel de ocupación de una sala	Registrador de ocupación
Iluminancia	Luxómetro

Tabla 21. Equipos y parámetros de medición

Para mayor información sobre equipos de medición consultar el Anexo II de esta guía. Adicionalmente, existen documentos donde es posible adquirir mayor conocimiento sobre el modo de utilización de estos equipos. Una guía muy interesante a consultar es la "Guía básica de instrumentación de medida de instalaciones en los edificios publicada por la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid".

En el caso de los datos resultantes de temperatura ambiente e iluminancia, es importante comparar los datos de medición de los parámetros con los rangos recomendados:

Parámetro	Rango	Fuente
Temperatura ambiente	20-22 °C invierno 23-25 °C verano	Tabla 1. Condiciones interiores de diseño del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile, RITICH
Temperatura ambiente	300 lux (salas de clase) 400 lux (oficinas y bibliotecas) 200 lux (gimnasios)	Tabla N° 11.25 Iluminancias mínimas para locales educacionales de la Norma NCH 4/2003 Instalaciones eléctricas en baja tensión

Tabla 22. Rangos recomendados para parámetros de medición. Fuente: RITICH/Norma NCH 4/2003.

Esta comparación nos permite determinar el cumplimiento de los mínimos requeridos por la normativa e identificar ineficiencias energéticas (exceso de temperatura o iluminación, entre otros).

A continuación se recoge un ejemplo de datos obtenidos de un luxómetro en un establecimiento educacional:

Recinto	Iluminancia media medida	Fuente
Dibujo técnico	730	600
Oficinas	480	400
Recepción	250	300
Salas de clases	250	300
Laboratorios	510	500 a 700
Sala de espera	170	200
Pasillos	99	100
Sala de profesores	357	400
Biblioteca	280	400
Gimnasio/piscina	288	200
Cocina	470	300

Tabla 23. Ejemplo de datos obtenidos con un luxómetro comparado con la tabla N° 11.25 (iluminancias mínimas para locales educacionales). Fuente: Norma NCH 4/2003.

3.8 Referencias

- Guía de Eficiencia Energética en Iluminación. Centros Docentes (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE).
- Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos Educacionales (GEEEduc) (Agencia Chilena de Eficiencia Energética).
- Guía para Calificación de Consultores en Eficiencia Energética (Agencia Chilena de Eficiencia Energética).
- Guía de Asistencia Técnica de EE en sistemas Motrices. Sistemas de Refrigeración (Agencia Chilena de Eficiencia Energética).
- Guía de Asistencia Técnica de EE en Sistemas Motrices. Sistemas de bombeo (Agencia Chilena de Eficiencia Energética).
- Guía técnica de Agua Caliente Sanitaria Central (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE).
- Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos de Salud (GEEESal) (Agencia Chilena de Eficiencia Energética).
- Guía básica de instrumentación de medida de instalaciones en los edificios (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid).

RESULTADOS CONSEGUIDOS

- Visita a terreno realizada.
- Fichas de levantamiento de datos completadas.

¹ Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid: <http://www.femercom.com/pages/publicaciones/libros-y-guias-tecnicas.php>



4

Fase II: Contabilidad energética

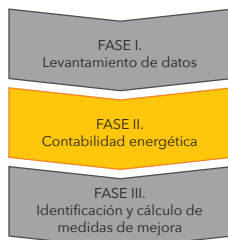
La contabilidad energética es la segunda fase de un diagnóstico energético, en la que se analizan todos los suministros de energía y se realiza un reparto del consumo en la instalación. Es aplicable en una IES para conocer los puntos de mayor consumo de energía.



4. Fase II: Contabilidad energética

OBJETIVO

Analizar el comportamiento de los consumos de los establecimientos educacionales, supervisar el flujo de energía e identificar debilidades para luego seleccionar medidas de mejora adecuadas.



4.1 Conceptos básicos

Balance energético: asignación de consumo de energía a equipos, sistemas, operaciones o cualquier otra división de la organización.

Línea base: período de referencia en cuanto a consumos de energía y su costo y, si es posible, su relación con las variables que más influyen en los consumos, como el nivel de actividad, el número de usuarios, variables climatológicas y otras.

Los valores así definidos se deben emplear como referencia para el cálculo de los ahorros que se deriven de las mejoras propuestas.

Desempeño energético: resultados medibles relacionados con la eficiencia energética y el uso y consumo de la energía.

4.2 Análisis de suministros energéticos

En primer lugar, se deben analizar las boletas de todos los suministros energéticos utilizados en los establecimientos educacionales. Es decir, se analizará tanto la energía eléctrica como el resto de los combustibles utilizados (gas licuado, gas natural, diesel, pellets, leña).

En la boleta es importante localizar el consumo de energía y el período de lectura. En la siguiente figura se puede ver cómo localizar dichos valores:

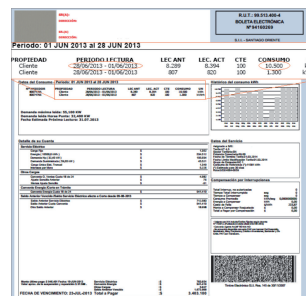


Figura 4. Ejemplo de boleta de consumo eléctrico.

Es recomendable resumir la información del consumo anual para su análisis. Para ello, se pueden organizar las boletas de los últimos 12 meses en una planilla, tal como se muestra a continuación:

Período de lectura		Consumo de electricidad	
Desde	Hasta	Energía activa (kWh)	Costo (CLP)
28-Dic-12	27-Ene-13	91.275	4.563.750
27-Ene-13	28-Feb-13	6.427	321.350
28-Feb-13	27-Mar-13	81.005	4.050.250
27-Mar-13	28-Abr-13	74.859	3.742.950
28-Abr-13	29-May-13	87.555	4.377.750
29-May-13	28-Jun-13	94.785	4.739.250
28-Jun-13	27-Jul-13	92.485	4.624.250
27-Jul-13	28-Ago-13	94.758	4.737.900
28-Ago-13	27-Sep-13	78.551	3.927.550
27-Sep-13	28-Oct-13	91.999	4.599.950
28-Oct-13	27-Nov-13	85.697	4.284.850
27-Nov-13	29-Dic-13	89.457	4.472.850
Total año 2013		968.853	48.442.650

Tabla 24. Ejemplo de datos de consumo de electricidad obtenidos de las boletas.

También se pueden representar los datos en una gráfica para analizar el comportamiento energético del establecimiento educacional a lo largo del año:

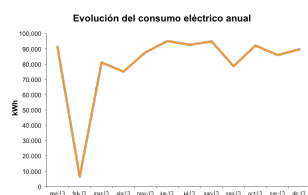


Gráfico 3. Ejemplo de curva de consumo eléctrico anual.

En el gráfico, se deben analizar los meses con máximos de consumo que coincidirán, en el caso de los establecimientos educacionales, con los meses invernales y los mínimos, con los meses de verano, ajustándose al uso que se hace del edificio.

Este análisis se debe realizar para los distintos suministros energéticos con el fin de resumir el comportamiento energético global de las instalaciones.

Caso práctico
ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES DE ELECTRICIDAD

Situación:

Analizar el comportamiento energético de un establecimiento educacional a partir de los datos de consumo eléctrico medidos con un analizador de redes. Con este equipo de medición podemos obtener los consumos del edificio cada hora o incluso cada 15 minutos. Para mayor información sobre este equipo consultar el Anexo II.

Datos:

Hora	L	M	X	J	V	S	D
0	84,9	86,9	83,4	81,4	86,1	82,0	85,3
1	84,7	84,9	83,0	81,4	84,2	81,3	88,6
2	84,9	85,1	83,0	81,6	84,1	81,2	85,9
3	85,4	84,7	83,1	81,8	84,3	81,8	84,6
4	85,0	84,7	83,1	81,8	84,4	81,7	84,8
5	85,3	84,6	83,0	81,6	84,4	82,3	85,0
6	83,9	83,7	82,6	81,5	83,4	81,3	84,5
7	99,3	101,9	98,4	95,8	95,2	92,3	84,2
8	153,2	151,0	153,5	152,2	149,5	135,2	80,7
9	203,2	195,5	197,7	203,3	190,4	185,6	75,4
10	209,3	198,8	202,3	209,3	194,6	191,6	73,0
11	211,0	201,5	203,5	204,2	195,6	189,6	71,7
12	210,7	202,6	204,1	202,1	194,8	185,2	71,9

Potencia (kW) obtenida del analizador de redes.

Datos: (continuación)

Hora	L	M	X	J	V	S	D
13	205,9	200,5	201,0	194,2	188,4	179,2	72,0
14	209,7	204,4	199,4	197,0	191,5	165,1	71,8
15	211,8	204,8	203,3	196,8	186,9	150,2	72,7
16	206,0	205,0	201,4	190,1	188,3	121,0	72,3
17	206,0	206,0	204,2	192,0	190,5	98,7	72,5
18	207,3	203,6	199,9	189,9	193,6	84,0	76,2
19	223,8	218,9	210,1	210,6	211,4	86,0	81,0
20	226,3	219,1	212,7	211,8	214,2	86,7	85,8
21	216,8	210,9	204,7	205,5	205,0	87,3	86,5
22	180,8	179,0	163,8	173,6	166,1	86,2	87,8
23	93,7	91,7	88,2	91,0	88,0	85,4	87,6

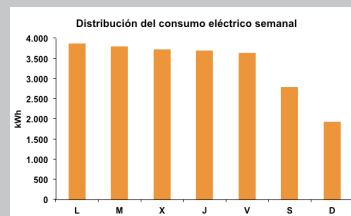
Potencia (kW) obtenida del analizador de redes.

Esta información permite obtener curvas de consumo semanal o diario.

Resultados:

Curva de consumo semanal

Un estudio pormenorizado del día energético medio hábil y de los festivos, permite entender mejor cómo y cuándo se consume la energía eléctrica en el establecimiento educacional.

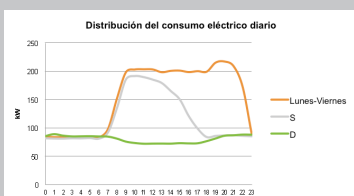


Lo interesante de las curvas de consumo semanales es ver las diferencias entre el perfil de uso a lo largo de la semana y los fines de semana.

Curva de consumo diario

La curva diaria aporta una información muy interesante para conocer el comportamiento horario. A diferencia de las curvas semanales, donde se utiliza el consumo acumulado, en las curvas diarias es interesante evaluar cómo aumenta o disminuye la potencia.

Este análisis permite caracterizar en detalle el patrón de consumo respecto de la cuenta final y los costos dentro de horarios punta.



En el gráfico anterior, se puede observar que para los días hábiles (lunes a viernes) y el sábado, el perfil de consumo horario muestra una clara diferencia entre día (universidad abierta) y noche (universidad cerrada). A partir de una hora, en el caso del ejemplo las 7:00, la potencia demandada crece conforme la actividad en el centro se incrementa, hasta las 9:00, cuando se alcanza un máximo. Por otro lado, el perfil para los días hábiles muestra una estabilización del consumo hasta las 19:00 horas, momento en el que se alcanza un peak de consumo de unos 215 kW que dura hasta las 21:00 horas, para volver a reducirse en el horario de cierre del centro a partir de las 22:00 horas y alcanzar el consumo base nocturno (de aproximadamente 85 kW). En el caso de los sábados, se puede conocer el horario de uso de las instalaciones del personal docente. Los domingos se observa un perfil mucho más plano, con un consumo próximo a los 85 kW en horario nocturno que se reduce a unos 70 - 75 kW durante el día. Esta información es de gran utilidad porque se detectan consumos "vampiro" que se deben eliminar.

4.3 Elaboración del balance energético

4.3.1 Conceptos básicos

• Consumo Energético

El consumo energético de un sistema es igual a la potencia por el tiempo de utilización.

En climatización, el consumo energético es igual al producto de la potencia, al tiempo de funcionamiento y al factor de carga de los equipos. El factor de carga en aquellos equipos que funcionan continuamente tiene como valor la unidad, sin embargo es menor en los equipos que están controlados por sensores (T°, humedad, presión, etc.) y que funcionan discontinuamente con detenciones y activaciones repentinas.

	Equipos en funcionamiento continuo	Equipos en funcionamiento controlado
Descripción	Están parados o funcionando 100%	Están controlados por sensores (T°, humedad, presión, entre otros) y funcionan discontinuamente, con marchas y paros
Equipos	<ul style="list-style-type: none"> Radiador eléctrico Caldera sin termostato Bomba sin variador de frecuencia 	La mayor parte de los equipos <ul style="list-style-type: none"> Split de AA Caldera con termostato Chiller Bomba con variador de frecuencia
Cálculo del consumo	Consumo energético = P x t	Consumo energético = P x t x FC*

*FC es Factor de carga.

La estimación del factor de carga es uno de los requisitos más complicados. Se puede hacer de las siguientes formas:



• Demanda energética

En los edificios, la demanda energética es de dos tipos:

• Calefacción

$$Q_{demandada} = Q_{radiación} + Q_{convección} - (Q_{ventanas} + Q_{puertas} + Q_{paredes} + Q_{techos})$$

• Enfriamiento

$$Q_{demandada} = Q_{radiación} + Q_{convección} + Q_{ventanas} + Q_{puertas} + Q_{paredes} + Q_{techos}$$

Por otro lado, el consumo de climatización está relacionado con el rendimiento de los equipos de generación de calor y frío:

$$\text{Consumo energético climatización (kWh)} = \frac{\text{Demanda energética (kWh)}}{\text{Rendimiento}}$$

De este modo, algunas de las oportunidades de reducción de consumos en climatización estarán relacionadas con el aumento del rendimiento de los equipos o la disminución de la demanda de calefacción o refrigeración.

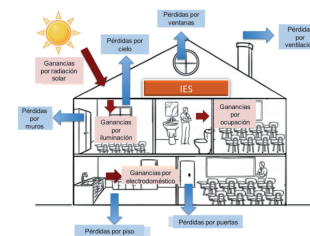


Figura 5. Pérdidas y ganancias de calor y refrigeración en un edificio.

4.3.2 Tipos de balances energéticos

A partir del catastro realizado y de la información de las boletas de suministros energéticos se pueden elaborar diferentes balances energéticos:

- **Balance por suministros:** consiste en desglosar por fuentes de energía utilizadas todo el consumo energético de la instalación. Es decir, se basa en dividir el consumo energético total diferenciando el consumo eléctrico y el consumo de combustibles (diesel, gas natural, leña, entre otros).

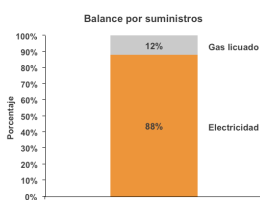


Gráfico 4. Ejemplo de balance energético por suministros.

- **Balance por usos de una fuente de energía:** consiste en desglosar por centros de consumo todo el consumo energético de la instalación para una determinada fuente energética. Es decir, se debe indicar el porcentaje de consumo de una determinada fuente de energía para cada uso.

Uso	Consumo de electricidad	
	kWh	%
Calefacción	2.900	6
Refrigeración	2.500	5
Iluminación	24.000	49
Equipos de oficina	17.800	36
Otros artefactos	2.100	4
TOTAL	49.300	100

Tabla 25. Ejemplo de balance de electricidad por usos.

- **Balance por usos total:** consiste en desglosar por centros de consumo todo el consumo energético total de la instalación sin diferencias por fuente energética, tal y como se muestra en el siguiente gráfico:

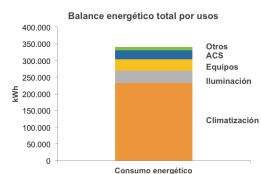


Gráfico 6. Ejemplo de balance energético total por usos.

La importancia de este análisis se basa en conocer exactamente cuál es el peso relativo de cada uno de los centros de consumo en el consumo total de la instalación. Con este conocimiento se pueden priorizar y determinar qué medidas tienen un mayor potencial de ahorro. Por esta razón, el balance energético siempre es previo al cálculo de ahorros y desempeño energético ya que el potencial de mejora de las medidas se calcula en función del consumo actual, obtenido en el balance.

Caso práctico ELABORACIÓN DE UN BALANCE ENERGÉTICO EN EDUCACIÓN SUPERIOR

Situación: Se trata de elaborar el balance de electricidad por usos para un centro de Educación Superior a partir de los datos levantados en la visita y la información de las boletas.

Datos: A continuación se muestran el catastro de equipos elaborado a lo largo de la visita, así como las boletas de electricidad referente al último año.

Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Mes	Consumo electricidad (kWh)
Tubos Fluorescentes	650	36	Enero	8.799
Computadores	85	350	Febrero	8.430
Impresoras	50	200	Marzo	8.559
Proyectores	15	250	Abril	10.719
Hervidores	8	2.000	Mayo	12.519
Cafetera	3	1.000	Junio	12.399
Aire Acondicionado	2	1.300	Julio	9.932
Refrigerador	2	400	Agosto	9.879
Microondas	2	1.500	Septiembre	9.632
Acumuladores	5	3.000	Octubre	9.519
Bombas recirculación	15	400	Noviembre	9.159
			Diciembre	8.340
TOTAL				117.888

Catastro de equipos.

Consumo de electricidad obtenido a partir de las boletas.

Cálculos justificativos:

Los consumos asociados a cada uno de los usos se calculan empleando la ecuación:

$$\text{Consumo (kWh)} = \text{Potencia (kW)} \times \text{Tiempo (horas)} \times \text{Factor de carga}$$

A continuación se muestra el consumo calculado para cada uno de los equipos recopilados en el catastro:

Uso	Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Horas anuales	Factor de carga	kWh/año
Iluminación	Tubos Fluorescentes	650	36	1.920	100%	44.928
Equipos ofimáticos	Computadores	85	350	1.440	100%	42.840
Equipos ofimáticos	Impresoras	50	200	450	100%	4.500
Equipos no ofimáticos	Proyectors	15	250	960	100%	3.600
Equipos no ofimáticos	Hervidores	8	2.000	120	100%	1.920
Equipos no ofimáticos	Cafetera	3	1.000	120	100%	360
Refrigeración	Aire Acondicionado	2	1.300	1.200	75%	2.340
Equipos no ofimáticos	Refrigerador	2	400	8.760	30%	2.102
Equipos no ofimáticos	Microondas	2	1.500	120	100%	360
ACS	Acumuladores	5	3.000	960	50%	7.200
Calefacción	Bombas recirculación	15	400	960	75%	4.320
Total consumo calculado						114.470

Consumos de electricidad por usos calculados.

Una vez realizados todos los cálculos, es recomendable comparar el consumo eléctrico total calculado con el consumo registrado en las boletas, con el fin de comprobar la conveniencia de los datos empleados.

En este caso, el consumo total obtenido en el balance es de 114.470 kWh anuales. Esto supone tan solo un 3% de desviación frente al consumo registrado en las boletas, lo cual resulta un ajuste suficiente para poder dar el balance por válido.

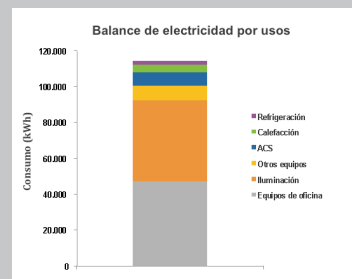
Resultados:

Se agrupan los diferentes consumos en función de sus usos, obteniendo así el desglose del consumo eléctrico en las instalaciones:

Equipo	Consumo (kWh)	%
Iluminación	44.928	39%
Equipos ofimáticos	47.340	41%
Equipos no ofimáticos	8.342	7%
Refrigeración	2.340	2%
ACS	7.200	6%
Calefacción	4.320	4%
TOTAL	114.470	100%

Balace energético

La representación gráfica del balance por usos nos facilita el análisis del reparto de consumos de electricidad:



4.4 Establecimiento de la línea base

A partir de la información obtenida en el balance energético se debe establecer una línea base energética, considerando un período para la recolección de datos adecuado al uso y consumo de energía en la organización. Habitualmente este período es de 12 meses.

Se deben tener en cuenta las variables que afectan al uso y consumo de la energía, entre las cuales pueden estar incluidos el clima, el nivel de actividad, el número de

usuarios y otras variables que se consideren oportunas en función de las características de cada IES.

Existen diferentes metodologías para el cálculo de la línea de base, algunas de ellas reconocidas dentro de la medición y la verificación de proyectos ESCO como protocolo internacional IPMVP (EVO) o la guía 14 de ASHRAE.

Los modelos de correlación matemática son muy útiles para relacionar variables como la temperatura o la ocupación en instalaciones con los consumos eléctricos, como se muestra en el caso práctico a continuación:

Caso práctico
ESTABLECIMIENTO DE LA LÍNEA BASE

Situación:
Se trata de definir la línea base con un modelo de correlación matemática entre el consumo energético para calefacción y los grados día (variable independiente).

Datos:

Mes	Grados día línea base
Abril	1.170
Mayo	4.052
Junio	6.398
Julio	6.582
Agosto	5.080
Septiembre	3.851
Octubre	2.500
Noviembre	963

Grados Días de Calefacción.

Los grados día se utilizan para calcular la demanda energética de un sistema de climatización, diferencia de una temperatura de referencia y una temperatura media del día. Cuando la temperatura de referencia sea mayor a la temperatura media diaria se habla de grados día de calefacción (HDD), en cambio si la temperatura base es inferior a la temperatura media diaria, se habla de grados día de enfriamiento (CDD).

Como se puede ver, sólo se consideran los datos correspondientes a los meses en los que hay consumo de energía para calefacción.

Mes	Consumo línea base (kWh)
Abril	6.225
Mayo	14.373
Junio	20.872
Julio	22.690
Agosto	17.146
Septiembre	13.650
Octubre	8.230
Noviembre	6.130

Consumo de calefacción.

Cálculos justificativos:

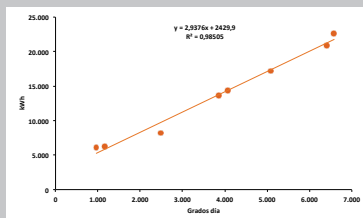
Se calcula la relación entre los grados día (variable independiente) y el consumo de energía. Esta regresión se hace para la línea base:

Mes	Grados día línea base	Consumo línea base (kWh)
Abril	1.170	6.225
Mayo	4.052	14.373
Junio	6.398	20.872
Julio	6.582	22.690
Agosto	5.080	17.146
Septiembre	3.851	13.650
Octubre	2.500	8.230
Noviembre	963	6.130

* Fuente: <http://www.evo-world.org>



La regresión se puede realizar con las funciones predeterminadas de la herramienta de cálculo Excel.



Estimación lineal del consumo de energía vs los datos climáticos.

Obtenemos la siguiente ecuación matemática para el cálculo de los consumos de la línea base:

$$\text{Consumo (kWh)} = 2,9376 \times \text{Grados día} + 2,429,9$$

Resultados:

Aplicando la ecuación matemática obtenida a las condiciones climáticas del año actual, se pueden conocer los consumos de calefacción esperados en nuestra instalación: Ej: consumo abril = $2,9376 \times 1,542 + 2,429,9 = 5,804$

Mes	Grados día año actual	Consumo línea base con las condiciones del año actual (kWh)
Abril	1.542	5.804
Mayo	4.116	14.251
Junio	6.794	23.041
Julio	8.668	27.893
Agosto	6.402	21.754
Septiembre	4.375	15.101
Octubre	2.848	10.089
Noviembre	1.119	4.415
TOTAL		112.259

Una vez definida la línea de base energética, los cambios en el desempeño energético de la organización se medirán en relación a ésta. Permite comparar consumos actuales y futuros, conociendo el ahorro conseguido tras la implantación de las medidas.

El desempeño energético se calculará restando el consumo de la línea resultado del consumo de la línea base con las condiciones del año actual, tal y como se puede observar en el ejemplo a continuación:

Ejemplo de determinación del desempeño energético por comparación con la línea base			
Mes	Consumo Línea base con las condiciones del año actual (kWh)	Consumo línea resultado (kWh)	Desempeño energético (kWh)
Abril	5.804	5.165	5.804 - 5.165 = 638
Mayo	14.251	12.683	1.568
Junio	23.041	20.506	2.534
Julio	27.893	25.982	1.911
Agosto	21.754	19.361	2.393
Septiembre	15.101	13.440	1.661
Octubre	10.089	8.980	1.110
Noviembre	4.415	3.929	486
Total	122.348	110.046	12.301

Tabla 26. Ejemplo de determinación del desempeño energético por comparación con la línea base.

RESULTADOS CONSEGUIDOS

- Suministros energéticos analizados.
- Balance energético elaborado.
- Línea de base establecida.

4.5 Referencias


- IPMVP "International Performance Measurement and Verification Protocol" (Organización EVO "Efficiency Valuation Organization").
- Guía 14 de ASHRAE.



5

Fase III: Identificación y cálculo de Medidas de Mejora de Eficiencia Energética (MMEE)

La identificación de oportunidades de MMEE es la última fase de un diagnóstico energético. Como resultado se obtiene un listado de acciones a implementar para la reducción de consumos de energía que puede ser de gran utilidad a una IES.

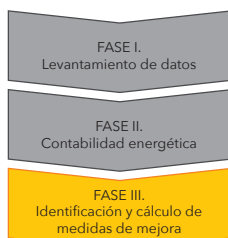


5. Fase III: Identificación y cálculo de MMEE

OBJETIVO

Identificar las principales MMEE para iluminación, climatización, Agua Caliente Sanitaria (ACS), edificación y equipos. Asimismo, calcular la mejora del desempeño energético y el ahorro en los costos luego de la implementación de las MMEE identificadas.

La identificación de oportunidades de mejora de eficiencia y gestión energética es la última fase de un diagnóstico energético:



5.1 Selección de MMEE

• **Medidas de Mejora de Eficiencia Energética (MMEE):** conjunto de acciones que permiten:

- Disminuir el consumo de energía reduciendo su uso innecesario
- Optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios realmente obtenidos.

Será importante considerar la relación costo-eficiencia de cada medida, tratando siempre de priorizar la implementación de MMEE que consigan grandes ahorros con bajas inversiones.

De forma general, las MMEE se pueden clasificar en tres tipos de mayor a menor costo de implementación:

RECAMBIO TECNOLÓGICO	\$\$\$
MEDIDA DE GESTIÓN	\$\$
ADOPTACIÓN DE HÁBITOS DE USO RESPONSABLE	\$

Con la inversión y el ahorro económico del desempeño energético se calculará el Periodo de Retorno Simple (PRS) con el que podremos comparar la rentabilidad de las medidas. Este cálculo se explica con más detalle en el apartado 6.2 de esta guía.

CONSEJO

Existen herramientas informáticas que pueden ser de ayuda para la evaluación técnica y financiera de las MMEE identificadas, como es el **RETScreen®** de la organización "RETScreen International" (www.etscreen.net)

Figura 6. Clasificación de Medida de Mejora de Eficiencia Energética en función del costo de implementación.

A continuación se muestran las Medidas de Mejora de la Eficiencia Energética (MMEE) para las diferentes categorías enumeradas en el capítulo de levantamiento de datos, ordenadas en función de la inversión estimada para su implementación:

Categoría	Descripción de la MMEE	Inversión	Página guía
Iluminación interior	Sustituir balastos electromagnéticos de ampolletas fluorescentes por balastos electrónicos	\$\$\$	74
	Sustituir ampolletas existentes por ampolletas tipo LED	\$\$\$	74
	Sustituir ampolletas fluorescentes convencionales por ampolletas fluorescentes eficientes	\$\$	74
	Sustituir halógenos convencionales por halógenos eficientes	\$\$	74
	Sustituir ampolletas incandescentes convencionales por ampolletas ahorradoras	\$\$	73
	Instalar sistemas de aprovechamiento de la luz natural	\$\$	75
	Instalar interruptores temporizados en aseos y detectores de presencia en pasillos y zonas de paso	\$\$	75
	Reducir el número de lámparas de la sala	\$	75
	Mantener las ampolletas limpias	\$	76
	Eliminar obstáculos que dificulten la iluminación eficaz	\$	76
	Apagar la luz al salir de una sala	\$	76
	Encender solo las ampolletas que se vayan a necesitar	\$	76
	Aprovechar siempre que se pueda la luz natural existente	\$	76

Tabla 27. Listado de Medidas de Mejora de Eficiencia Energética de Iluminación interior.

Categoría	Descripción de la MMEE	Inversión	Página guía
Climatización y ACS	Cambiar la caldera por una más eficiente	\$\$\$	82
	Sustituir enfriadoras o bombas de calor por equipos más eficientes	\$\$\$	82
	Instalar un sistema de energía solar térmica para calefacción y ACS	\$\$\$	82
	Instalar recuperadores de calor	\$\$\$	83
	Cambiar el quemador de la caldera	\$\$	82
	Instalar un sistema de freecooling	\$\$	84
	Instalar variadores de frecuencia en bombas o torres de refrigeración	\$\$	84
	Controlar el caudal de ventilación	\$\$	84
	Realizar una mantención y limpieza periódica de los equipos de climatización y las bombas	\$\$	84
	Controlar la temperatura de funcionamiento de las calderas, de los depósitos de acumulación y la temperatura de uso	\$\$	84
	Instalar válvulas termostáticas	\$\$	84
	Implementar un sistema de zonificación	\$\$	84
	Reducir el caudal y la temperatura del agua para ACS con la implantación de dispositivos eficientes	\$\$	87
	Mejorar el aislamiento del sistema de distribución y almacenamiento de ACS	\$\$	87
	Regular la temperatura de acuerdo a las recomendaciones e informar a los usuarios	\$	85
	Evitar las pérdidas de la climatización a través de la apertura de puertas y ventanas	\$	86
	Eliminar los obstáculos que tapen los elementos terminales	\$	85
	Utilizar elementos de sombra para aprovechar o frenar las ganancias solares	\$	85
	No desperdiciar el Agua Caliente Sanitaria (ACS)	\$	88
	Vestir adecuadamente según la época del año	\$	86

Tabla 28. Listado de Medidas de Mejora de Eficiencia Energética de climatización y Agua Caliente Sanitaria.

Categoría	Descripción de la MMEE	Inversión	Página guía	
Edificación	Sustituir ventanas de vidrio simple por termopanel	\$\$\$	93	
	Sustituir puertas y marcos de ventanas	\$\$\$	93	
	Aislar elementos de la envolvente térmica	\$\$	94	
	Aislar los conductos	\$\$	94	
	Frenar la insolación directa con persianas venecianas, toldos o sombreamientos	\$\$	94	
	Instalar cortinas de aire, puertas giratorias y cortinas blackout	\$\$	94	
	Aislar térmicamente fachadas y azoteas	\$\$	94	
	Mejorar el factor solar de superficies opacas y ventanas	\$\$	95	
	Instalar burletes en puertas y ventanas	\$	94	
	Mantener puertas y ventanas bien cerradas	\$	95	
	Avisar al responsable de un elemento en mal funcionamiento	\$	95	
	Equipos	Sustituir el computador de escritorio por notebook	\$\$\$	99
		Sustituir la pantalla convencional del computador por LCD	\$\$\$	99
		Sustituir el ascensor por uno de tracción vertical	\$\$\$	99
		Instalar zapatillas programables o eliminadoras de stand-by	\$\$	100
Instalar sistemas de control de ascensores		\$\$	100	
Instalar variadores de frecuencia en motores de ascensores		\$\$	100	
Incorporar una política de compras de equipos eficientes		\$\$	100	
Apagar los equipos tras su uso		\$	101	
Utilizar impresoras y fotocopiadoras de forma razonable		\$	102	
Configurar los equipos en modo ahorro		\$	102	
Promover el cambio de uso del ascensor por escaleras	\$	102		

Tabla 29. Listado de Medidas de Mejora de Eficiencia Energética de edificación y equipos.

5.2 Cálculo del desempeño y el ahorro energético

• **Desempeño energético:** es el ahorro de energía (kWh) que se conseguiría con la implementación de una medida determinada.

Si el ahorro se consigue mediante la reducción de la potencia, el cálculo del desempeño energético se obtiene multiplicando la diferencia entre la potencia inicial antes de aplicar la medida y la final después de aplicarla por el tiempo:

$$\text{Desempeño energético (kWh)} = (\text{Potencia inicial (W)} - \text{Potencia final}) \times \text{Tiempo (h)}$$

Si el ahorro se consigue mediante la reducción del tiempo de uso, el cálculo del ahorro energético se obtiene multiplicando la potencia por la reducción de tiempo conseguida:

$$\text{Desempeño energético (kWh)} = \text{Potencia (W)} \times (\text{Tiempo inicial (h)} - \text{Tiempo final (h)})$$

• **Ahorro económico:** consiste en describir en unidades monetarias (CLP) en lo que se traduce el ahorro de energía conseguido con dicha medida de ahorro.

$$\text{Ahorro económico (kWh)} = \text{Desempeño energético (kWh)} \times \text{Precio suministro (CLP/kWh)}$$

• **Inversión:** cuantifica el costo monetario necesario para la implementación de dicha medida de ahorro.

$$\text{Inversión (CLP)} = \text{N}^\circ \text{ equipos} \times (\text{Precio equipo (CLP)} + \text{Precio instalación (CLP)})$$

• **Periodo de retorno simple (PRS):** calcula el tiempo necesario para amortizar la inversión asociada con cada medida de ahorro propuesta.

$$\text{PRS (años)} = \text{Inversión (CLP)} / \text{Ahorro económico (CLP)}$$

5.3 MMEE en iluminación

5.3.1 Conceptos básicos

• **Detectores de presencia:** dispositivo encargado de conectar la iluminación cuando detecta la presencia de una persona en ese espacio.

• **Interruptores temporizados:** interruptor que, al pulsarlo, conecta en este caso la iluminación y está programado para apagarse de manera automática tras un tiempo establecido.

• **Célula fotoeléctrica:** dispositivo que, al detectar la luz natural, hace que la iluminación se mantenga apagada.

• **Dimmer:** dispositivo usado para regular el voltaje de una o varias ampollas.

5.3.2 Descripción de las MMEE en iluminación

ILUMINACIÓN

A continuación se identifican las medidas más utilizadas en los sistemas de iluminación interior.

• **Medidas que implican un recambio tecnológico**

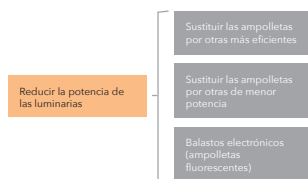


Figura 7. Medidas de Mejora de Eficiencia Energética en iluminación: medidas que implican recambio tecnológico.

1. Sustituir ampollas incandescentes convencionales por ampollas ahorradoras: entre otras sustituciones, se encuentran:

- Ampollas incandescentes de 40 W por ampollas ahorradoras de 8 W.
- Ampollas incandescentes de 60 W por ampollas ahorradoras de 15 W.
- Ampollas incandescentes de 100 W por ampollas ahorradoras de 20 W.

2. Sustituir halógenos convencionales por halógenos eficientes: las ampollas halógenas dicroicas estándar tienen un consumo de 50 W, tamaño reducido y excelente calidad de luz y reproducción cromática, características que la hacían difíciles de reemplazar por otra tecnología. Sin embargo, recién se ha conseguido fabricar un tipo de halógenos que con las mismas características consume un 60% respecto a las anteriores, conocidos como halógenos eficientes.

3. Sustituir ampollas fluorescentes convencionales por ampollas fluorescentes eficientes: en la actualidad es posible encontrar en el mercado un tipo de tubos fluorescentes con una eficiencia mayor que la de los de tipo convencional. Los fluorescentes tipos T10, T8 y T5 de última generación conservan el mismo nivel de iluminación (misma cantidad de lúmenes) pero emplean una menor cantidad de energía.

La mayor ventaja que presentan es que pueden ser sustituidos por los tubos fluorescentes actuales sin tener que cambiar la luminaria, por lo que el único costo asociado es el de la compra de la nueva ampolla.

4. Sustituir por ampollas tipo LED: esta posibilidad supone el mayor ahorro dada la eficiencia de la tecnología LED. Además la vida útil de este tipo de ampolla es muy superior al resto, alcanzando las 50.000 horas de funcionamiento y son regulables en potencia sin afectar a la vida de la ampolla.

5. Sustituir balastos electromagnéticos de ampollas fluorescentes por balastos electrónicos: los nuevos balastos suponen una ventaja, ya que permiten aumentar la vida útil de tubo, evitan

parpadeos o efecto estroboscópico, permiten regular el nivel de iluminación, reduce el consumo, entre otros.



Figura 8. Medidas de Mejora de Eficiencia Energética en iluminación: medidas de gestión.

1. Reducir el número de lámparas en la sala: una vez analizado el nivel de iluminación de la sala, en el caso de que éste supere los niveles recomendados se podrán eliminar el número de lámparas reduciendo la potencia instalada y, por tanto, el consumo.

2. Instalar interruptores temporales en baños y zonas de paso: el empleo de dispositivos reguladores puede conseguir un ahorro considerable en zonas de paso poco frecuentadas, tales como baños, archivos o bodegas.

3. Instalar sistemas de aprovechamiento de la luz natural: Existen elementos que detectan la luz natural, como la célula fotoeléctrica, que permiten conectar la iluminación sólo cuando la luz natural no es suficiente. Además, hay otros elementos reguladores, como los balastos regulables o los dimmers que controlan la cantidad de luz que emiten las ampollas.

* Dimmer: regulador para variar la intensidad de luz que emiten las ampollas.

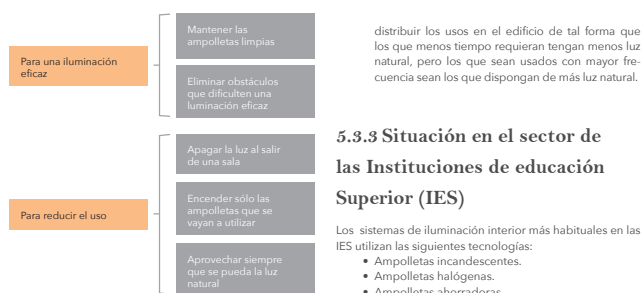


Figura 9. Medidas de Mejora de Eficiencia Energética en iluminación: adopción de hábitos de uso responsable.

- 1. Mantener las ampollas limpias:** el polvo que se va acumulando en las paredes de las ampollas o las luminarias hace disminuir el nivel de iluminación aportada al recinto. Periódicamente se deben limpiar las mismas para conservar el nivel de iluminación.
- 2. Eliminar los obstáculos que dificulten la iluminación eficaz:** si existen obstáculos a las ampollas, el nivel de iluminación no alcanzará los niveles mínimos y será necesario instalar más potencia. Eliminando los obstáculos conservaremos los niveles de iluminación necesarios.
- 3. Apagar la luz al salir de la sala:** se debe sensibilizar a los usuarios de los establecimientos educacionales sobre la importancia de apagar las luces siempre que se salga de un recinto.
- 4. Encender sólo las ampollas que se vayan a necesitar:** si es posible conectar las ampollas por sectores del recinto, se encenderán sólo las que sean realmente necesarias. Las zonas que no haga falta iluminar podrán permanecer apagadas.
- 5. Aprovechar, siempre que se pueda, la luz natural:** para aprovechar la luz natural se recomienda abrir cortinas y persianas siempre que no se produzcan reflejos o insolación excesiva. También se deben

distribuir los usos en el edificio de tal forma que los que menos tiempo requieran tengan menos luz natural, pero los que sean usados con mayor frecuencia sean los que dispongan de más luz natural.

5.3.3 Situación en el sector de las Instituciones de educación Superior (IES)

Los sistemas de iluminación interior más habituales en las IES utilizan las siguientes tecnologías:

- Ampollas incandescentes.
- Ampollas halógenas.
- Ampollas ahorradoras.
- Tubos fluorescentes.
 - o T10
 - o T8
 - o T5
- LED

En la mayor parte de los equipos instalados en las IES, ya sean luminarias sobrepuestas, embutidas o en cielo americano, se utilizan tubos fluorescentes T8 en combinación con balasto electromagnético. Es habitual encontrar tubos T10 y T8 mezclados dado que son materiales altamente compatibles, pero los programas de mantenimiento hacen que progresivamente se sustituyan los tubos T10 por T8.

El segundo gran grupo de luminarias utilizadas es el de foco embutido con ampollas ahorradoras de tipo bitubo con balasto electromagnético.

En los edificios de reciente construcción o áreas reformadas, es habitual encontrar instalaciones de iluminación basada en tubo fluorescente T5.

La presencia de ampollas LED no es masiva, pero se ha comprobado que en los que se han introducido para probar la tecnología, generalmente en sustitución de ampollas halógenas, focos embutidos o en formatos compatibles con tubos fluorescentes T8.

El uso de ampollas incandescentes es inusual y han sido casi totalmente sustituidas por ampollas ahorradoras.

A continuación se incluye un ejemplo de identificación y cálculo de MREE en iluminación interior en las IES:

Caso práctico
MREE ILUMINACIÓN INTERIOR EN UN EDIFICIO DE USO EDUCATIVO EN SANTIAGO

Situación:
 El sistema principal de iluminación interior de un edificio de uso educativo, ubicado en Santiago, está formado por 355 tubos fluorescentes T10 de 40 W montados en luminarias abiertas de tipo sobrepuesta. El equipo auxiliar que permite el funcionamiento de los tubos fluorescentes es un balasto electromagnético (uno por tubo) con pérdidas de 6 W.

Medida propuesta:
 Se propone la sustitución de cada uno de los tubos existentes por un conjunto formado por un tubo fluorescente T5 de 28 W y el par de adaptadores que permiten la compatibilidad con el tubo T10. Los adaptadores incluyen la función de balasto electrónico.

La propuesta permite la sustitución sencilla de los tubos. El procedimiento es el siguiente:

- Corte del suministro eléctrico.
- Retirada del tubo T10 y del partidor.
- Montaje del conjunto tubo T5 más los correspondientes adaptadores.

Cálculo justificativo:
 Se tienen datos del levantamiento del sistema de iluminación y se ha estimado el número de horas de funcionamiento de cada sala del edificio.

La potencia instalada en el sistema existente es de 46 W por tubo, correspondientes a la potencia del tubo T10 (40 W) más la del balasto (6 W).

La potencia propuesta para instalar en el sistema es de 29 W por tubo, correspondientes a la potencia del tubo T5 (28 W) más las pérdidas de la electrónica (1 W).

La energía consumida por el sistema de iluminación se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Energía (kWh/año)} = \text{Potencia unitaria (kW/Id)} \times \text{Tubos (Ud)} \times \text{Tiempo (h/año)}$$

Aplicando la ecuación a los datos conocidos se obtienen las columnas de "Energía Inicial" y "Energía Propuesta".

El ahorro se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Ahorro [kWh/año]} = \text{Energía Inicial [kWh/año]} - \text{Energía Propuesta [kWh/año]}$$

Planta	Sala	Tubos Ud	Tiempo h/año	Energía Inicial kWh/año	Energía Propuesta kWh/año	Ahorro kWh/año
Externa	Salón	24	80	88,32	55,68	32,64
Externa	Baño 1	1	14,4	0,6624	0,4176	0,2448
Externa	Baño 2	1	14,4	0,6624	0,4176	0,2448
Externa	Baño 3	1	14,4	0,6624	0,4176	0,2448
Externa	Pasillo	6	90	24,84	15,66	9,18
Externa	Entrada	2	90	8,28	5,22	3,06
Externa	Sala 1	4	90	16,56	10,44	6,12
Externa	Sala 2	4	90	16,56	10,44	6,12
Externa	Sala 3	2	90	8,28	5,22	3,06
Externa	Sala 4	2	90	8,28	5,22	3,06
Externa	Sala 5	2	90	8,28	5,22	3,06
Subterránea	Pasillo	4	72	13,248	8,352	4,896
Subterránea	Sala 01	18	270	223,56	140,94	82,62
Subterránea	Sala 02	18	1080	894,24	563,76	330,48
Subterránea	Comedor	18	90	74,52	46,98	27,54
Subterránea	Bodega 1	1	127	5,842	3,683	2,159
Subterránea	Bodega 2	1	120	5,52	3,48	2,04
Subterránea	Bodega 3	12	120	66,24	41,76	24,48
Subterránea	Sala CA	4	90	16,56	10,44	6,12
Piso 1	S. Reun.	8	360	132,48	83,52	48,96
Piso 1	Baño 3	4	1440	264,96	167,04	97,92
Piso 1	Baño 4	4	1440	264,96	167,04	97,92
Piso 1	Hall Of.	8	960	353,28	222,72	130,56
Piso 1	Entrada	8	96	35,328	22,272	13,056
Piso 1	Pasillo	4	96	17,664	11,136	6,528
Piso 1	Sala 11	27	270	335,34	211,41	123,93
Piso 1	Bodega	2	120	11,04	6,96	4,08
Piso 1	Oficina 1	4	960	176,64	111,36	65,28
Piso 1	Oficina 2	4	960	176,64	111,36	65,28
Piso 1	Oficina 3	4	960	176,64	111,36	65,28
Piso 1	Oficina 4	4	960	176,64	111,36	65,28
Piso 1	Oficina 5	4	960	176,64	111,36	65,28
Piso 1	Oficina 6	9	90	37,26	23,49	13,77
Piso 2	Pasillo	4	96	17,664	11,136	6,528
Piso 2	Sala 21	18	270	223,56	140,94	82,62
Piso 2	Sala 22	18	270	223,56	140,94	82,62
Piso 2	Sala 23	18	270	223,56	140,94	82,62
Piso 2	Oficina 21	12	90	49,68	31,32	18,36
Piso 3	Sala 31	18	270	223,56	140,94	82,62
Piso 3	Lab. Comp	18	180	149,04	93,96	55,08
Piso 3	Sala 32	18	270	223,56	140,94	82,62
Piso 3	Pasillo	6	96	26,496	16,704	9,792
Piso 3	Oficina 1	2	960	88,32	55,68	32,64
Piso 3	Oficina 2	2	960	88,32	55,68	32,64
Piso 3	Oficina 3	2	960	88,32	55,68	32,64
TOTAL		355	-	5.442,27	3.431,00	2.011,27

Resultados:

Considerando los siguientes valores de costo de la electricidad y costo de los equipos:

- 75,65 \$/kWh.
- 4.500 \$/tubo.

Energía Inicial kWh/año	Energía Propuesta kWh/año	Ahorro energético kWh/año	Ahorro energético / inicial	Ahorro económico \$/año	Inversión \$	PRS años
5.442,27	3.431,00	2.011,27	37,0%	152.153	1.597.500	10,5

Se observa que el periodo de retorno de la inversión es muy prolongado. Esto se debe a la baja utilización del sistema de iluminación en muchas de las salas.

Se puede plantear una estrategia de inversión conservadora, de manera que sólo será sustituido el sistema de iluminación de aquellas salas con más de 900 horas anuales de funcionamiento. Esta alternativa supone la sustitución de 60 tubos, siendo el resultado final el siguiente:

Energía Inicial kWh/año	Energía Propuesta kWh/año	Ahorro energético kWh/año	Ahorro energético / inicial	Ahorro económico \$/año	Inversión \$	PRS años
5.442,27	4.361,07	1.081,20	19,9%	81.793	270.000	3,3

5.4 MMEE en sistemas de climatización y ACS

5.4.1 Conceptos básicos

- **Freecooling:** sistema de enfriamiento gratuito que permite enfriar el aire interior gracias a las menores temperaturas del aire exterior.
- **Válvulas termostáticas:** sirven para controlar la temperatura que emiten los elementos terminales.

* Para más información se puede consultar el documento "Sistemas eficientes de climatización y uso de energías renovables" publicada en la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid: <http://www.lenecom.com/pages/publicaciones/libros-y-guias-tecnicas.php>

5.4.2 Descripción de las MMEE en climatización y ACS

CLIMATIZACIÓN

A continuación se describen las medidas que se emplean con mayor frecuencia en sistemas de climatización¹⁰:

• Medidas que implican un recambio tecnológico

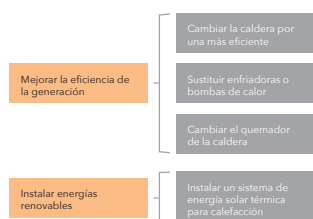


Figura 10. Medidas de Mejora de Eficiencia Energética en climatización: medidas de implican un recambio tecnológico.

Las medidas que se utilizan con mayor frecuencia son:

1. Cambiar la caldera por una más eficiente: con el cambio de la caldera convencional por una de baja temperatura o de condensación¹¹ se pueden alcanzar ahorros entre un 15 y un 60 %, por lo que su elevado costo se amortiza rápidamente.

También se recomienda, siempre que sea posible, el cambio de caldera de carbón o gasóleo por caldera de gas natural.

2. Sustituir enfriadoras o bombas de calor: sustituir las bombas de calor convencionales por bombas de calor de alto rendimiento, o bombas geotérmicas, con lo que puede obtenerse ahorros de un 20% en el consumo de energía.

3. Cambiar el quemador de la caldera: instalar quemadores modulantes que permitan ajustar el aporte de calor de la caldera a la demanda real.

4. Instalar un sistema de energía solar térmica para calefacción: un sistema de energía solar térmica permite abastecer una parte de la demanda de energía con importantes ahorros y reducciones de la contaminación.

• Medidas de gestión

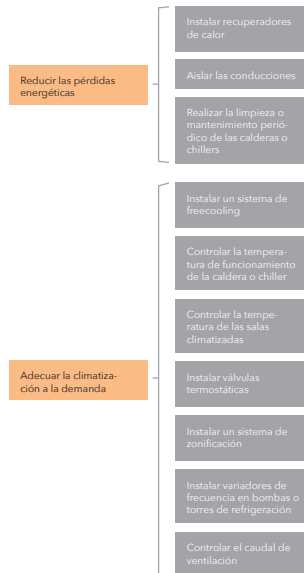


Figura 11. Medidas de Mejora de Eficiencia Energética en climatización: medidas de gestión.

Las medidas que se utilizan con mayor frecuencia son:

1. Instalar recuperadores de calor: otra medida interesante puede ser la instalación de un recuperador entálpico en las unidades de tratamiento

de aire. Con este sistema se aprovecha el calor del aire extraído para transmitirlo al aire impulsado, aumentando el rendimiento total del sistema.

2. Aislar conducciones: el aislamiento de las conducciones permite evitar pérdidas térmicas al ambiente. Se trata de una medida sencilla de implementar y de bajo costo.

3. Realizar un mantenimiento y limpieza periódicos de los equipos de climatización: ejercer un mantenimiento preventivo de los equipos mediante la limpieza de los filtros y garantizando el aislamiento de los mismos.

4. Instalar un sistema de freecooling: se basa en utilizar la capacidad de enfriamiento del aire exterior para enfriar el aire interior de una sala. Pueden lograrse ahorros de hasta un total del 18%.

5. Controlar la temperatura de funcionamiento de las calderas: consiste en ajustar la temperatura de impulsión de calefacción en base a la temperatura exterior, especialmente en épocas climáticas suaves (primavera y otoño), cuando las necesidades de calefacción son menores y se puede reducir la temperatura del agua que va a los radiadores.

6. Instalar válvulas termostáticas: se trata de dispositivos mecánicos que facilitan al usuario mantener las salas a una temperatura determinada, controlando de este modo, la demanda de climatización.

7. Implantar un sistema de zonificación: se divide la instalación por zonas y se controlan los equipos de climatización. Permiten obtener temperaturas diferentes para cada zona con el mismo sistema de climatización, ofreciendo ahorros de hasta el 50% de la potencia instalada, y controlar y zonificar el apagado / encendido de los equipos y el valor de temperatura, ajustando el consumo a las necesidades reales del edificio.

8. Instalar variadores de frecuencia en bombas o torres de refrigeración: se trata de dispositivos mecánicos que posibilitan al usuario mantener las salas a una temperatura determinada, controlando de este modo, la demanda de climatización.

9. Controlar el caudal de ventilación: un exceso de ventilación supone un aumento del consumo en

¹⁰ Para más información se puede consultar el documento "Sistemas eficientes de climatización y uso de energías renovables" publicada en la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid: <http://www.fenercom.com/pages/publicaciones/libros-y-guias-tecnicas.php>

¹¹ Para mayor información consultar la "Guía básica de calderas de condensación" de la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid: <http://www.fenercom.com/pages/publicaciones/libros-y-guias-tecnicas.php>

climatización, ya que el aire nuevo que se introduce en un edificio debe tratarse. Por esta razón, lo ideal es que el caudal de aire nuevo sea el óptimo para mantener las condiciones higiénicas, a menos que se utilice el sistema freecooling.

El caudal óptimo dependerá fundamentalmente de la ocupación del edificio. En los edificios cuya ocupación varíe mucho a lo largo del día resulta muy interesante que el caudal de ventilación dependa de la calidad del aire, para eso se pueden instalar sondas de CO₂.

• Adopción de hábitos de uso responsable

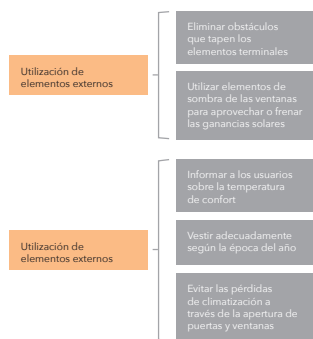


Figura 12. Medidas de Mejora de Eficiencia Energética en climatización: adopción de hábitos de uso responsable.

Por último, también es importante la adopción de hábitos de uso responsable de las instalaciones, para lo cual se recomienda:

- 1. Eliminar los obstáculos que tapen los elementos terminales:** se debe evitar siempre cubrir con muebles los elementos terminales u otros obstáculos que puedan dificultar la transmisión de calor.

2. Utilizar elementos de sombra de las ventanas para aprovechar o frenar las ganancias solares:

dependiendo de las necesidades de cada época del año interesará aprovechar las ganancias de calor aportadas por el sol o, en cambio, evitarlas. Para ello se deben emplear los elementos que existen en la envolvente del edificio para dar sombra y evitar así las ganancias del sol o para aprovechar al máximo las ganancias solares.

Las oportunidades de mejora relacionadas con la envolvente térmica se detallan en el apartado de MMEE en edificación de esta guía.

- 3. Regular la temperatura de acuerdo a las recomendaciones del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE) (21 °C en invierno y 26 °C en verano) e informar a los usuarios:** estos valores perfectamente satisfacen el estado de confort del usuario y tienen un consumo eficiente. El IDAE estima que el consumo de los equipos de enfriamiento en verano se incrementa un 8% por cada grado por debajo de los 26 °C, y un 7% por cada grado por encima de los 21 °C en invierno.

- 4. Vestir adecuadamente según la época del año:** llevar ropa fresca en verano y ropa de abrigo en invierno ayudará a reducir en cierta medida la demanda en climatización.

- 5. Evitar las pérdidas de la climatización a través de la apertura de puertas y ventanas:** para conservar la climatización dentro de un recinto las puertas y ventanas deberán permanecer cerradas el mayor tiempo posible.

AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

Según la clasificación establecida anteriormente también encontramos medidas que implican un recambio tecnológico, medidas de gestión y adopción de hábitos de uso responsable.

• Medidas que implican un recambio tecnológico

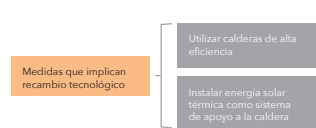


Figura 13. Medidas de Mejora de Eficiencia Energética en Agua Caliente Sanitaria: medidas que requieren recambio tecnológico.

Las medidas de ahorro de recambio tecnológico que se emplean con mayor frecuencia en ACS son:

- 1. Aumentar el rendimiento de los equipos con la utilización de calderas de alta eficiencia:** con el cambio de la caldera convencional por una de baja temperatura o de condensación¹² se pueden alcanzar ahorros entre un 15 y un 60%, por lo que su elevado costo se amortiza rápidamente. También se recomienda el cambio de combustible, de caldera de carbón o gasóleo a caldera de gas natural.
- 2. Instalar placas solares térmicas como apoyo a un sistema de caldera:** un sistema de energía solar térmica permite abastecer una parte de la demanda de energía con importantes ahorros y reducciones de la contaminación.

¹² Para mayor información consultar la "Guía básica de calderas de condensación" de la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid: <http://www.fenercom.com/pages/publicaciones/libros-y-guias-tecnicas.php>

¹³ Para mayor información consultar la "Guía de Eficiencia Energética para establecimientos de Salud" de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética: http://www.achee.cl/recursos/guias/apartado_de_Edificacion/

• Medidas de gestión

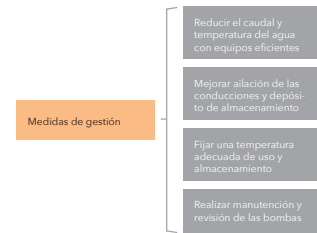


Figura 14. Medida de Mejora de Eficiencia Energética en Agua Caliente Sanitaria: medidas de gestión.

Existen, además, otras medidas de reducción del gasto energético que actúan sobre los puntos de consumo:

- 1. Reducir el caudal y la temperatura del agua con la implementación de dispositivos eficientes:** utilización de llaves de lavamanos con pulsador; detectores de manos y perлизadores¹³ (dispositivo ahorrador de agua cuyo funcionamiento se basa en la mezcla de agua con aire produciendo un chorro abundante y suave generando un ahorro de hasta un 50% de agua y energía).
- 2. Mejorar la aislación del sistema de distribución y almacenamiento de agua caliente sanitaria:** las conducciones deberán estar bien aisladas, así como el depósito de acumulación de ACS para reducir al mínimo las pérdidas que se puedan producir por conducción. Se trata de una medida sencilla de implementar y de bajo coste.

3. Fijar una adecuada temperatura en los depósitos de acumulación y la temperatura de uso: por cada grado que se ajuste la temperatura se conseguirá reducir el consumo aproximadamente un 7%.¹⁴ El IDAE además recomienda en la "Guía práctica sobre instalaciones individuales de calefacción y Agua Caliente Sanitaria (ACS) en edificios de viviendas"¹⁵ una temperatura de entre 55 y 60°C en el depósito de acumulación y si la producción es instantánea, entre 30 y 35°C.

4. Mantener una adecuada mantención y revisión de las bombas: una mantención preventiva adecuada ayudará a detectar las anomalías y reducirá las pérdidas de calor que puedan producirse por un mal funcionamiento de los equipos.

• Adopción de hábitos de uso responsable



Figura 15. Medida de Mejora de Eficiencia Energética en Agua Caliente Sanitaria: adopción de hábitos de uso responsable.

1. No desperdiciar agua caliente sanitaria: se debe tratar de usar el agua caliente que realmente sea necesaria, sin desperdiciarla y se vigilará siempre que las llaves de lavamanos y duchas permanecen bien cerrados.

Además, cuando no se necesite que el agua esté caliente no se accionará la llave de lavamanos del agua caliente, evitando en muchos casos el consumo de energía.

5.4.3 Situación en el sector de las Instituciones de Educación Superior (IES)

Los sistemas de climatización utilizados en los edificios de las IES son muy variados:

- Calderas.
- Chillers.
- Splits.
- Radiadores eléctricos.
- Estufas de leña.
- Estufas de gas.

Algunos edificios no disponen de un sistema de calefacción formal o permanente. En estos casos se recurre al uso de termoventiladores eléctricos o estufas de gas licuado portátiles.

Los sistemas de producción de ACS son muy escasos, salvo en el caso de instalaciones deportivas. No se dispone de información detallada del uso de agua caliente en los casinos por estar generalmente concesionados.

A continuación se incluye un ejemplo de identificación y cálculo de MMEE en climatización en una IES:

Caso práctico
MMEE CLIMATIZACIÓN EN UN CAMPUS DE TEMUCO

Situación:
La caldera que suministra agua caliente para calefacción a dos edificios de un campus de Temuco, está equipada con un quemador de diesel.

Propuesta de mejora:
Se propone la sustitución del quemador de diesel por un quemador de gas licuado, de manera que el proceso de combustión será más eficiente por la utilización de un combustible gaseoso en lugar de un combustible líquido. El resultado del consumo energético del sistema de calefacción será menor.

Cálculo justificativo:
Se conoce el consumo actual de combustible diesel para calefacción (112.040 litros/año). Se toma el valor del poder calorífico inferior (PCI) del combustible diesel (10,01 kWh/litro) para obtener la energía consumida (1.121.520 kWh), siguiendo la siguiente ecuación:

$$\text{Energía [kWh/año]} = \text{Volumen [litros/año]} \times \text{PCI [kWh/litro]}$$

A través de los análisis de gases de combustión que se efectúan periódicamente, se conoce el rendimiento actual del proceso de combustión de la caldera equipada con quemador diesel. Dicho rendimiento asciende al 89%.

Conocido el rendimiento, se puede calcular el calor que entrega el quemador:

$$\text{Calor [kWh/año]} = \text{Energía [kWh/año]} \times \text{Rendimiento}$$

$$998.135 \text{ kWh/año} = 1.121.520 \text{ kWh/año} \times 0,89$$

El quemador diesel entrega 998.135 kWh/año, necesarios para satisfacer la demanda de calefacción de los edificios.

Se estima que el rendimiento del proceso de combustión mejorará en un 4% por la utilización de gas licuado en lugar de diesel, de manera que el rendimiento final alcanzará un 93%.

$$998.135 \text{ kWh/año} = 1.061.846 \text{ kWh/año} \times 0,94$$

Satisfaciendo la misma demanda térmica, el quemador de gas licuado consumirá 1.061.846 kWh/año.

¹⁴ Fuente: IDAE (www.idae.es)

¹⁵ IDAE: www.idae.es > Publicaciones > Ahorro y eficiencia energética > Edificios



El ahorro energético vendrá determinado por la diferencia de consumo entre diesel y gas licuado:

$$\text{Ahorro [kWh/año]} = \text{Energía diesel [kWh/año]} - \text{Energía gas [kWh/año]}$$

$$59.674 \text{ kWh/año} = 1.121.520 \text{ kWh/año} - 1.061.846 \text{ kWh/año}$$

Resultados:
El ahorro económico es función del ahorro energético y la diferencia de costo de los combustibles:

$$\text{Ahorro económico [kWh/año]} = \text{Energía diesel [kWh/año]} \times \text{Costo diesel [$/kWh]} - \text{Energía gas [kWh/año]} \times \text{Costo gas [$/kWh]}$$

Se conoce el costo de los combustibles (valor de referencia promedio de consumos reales de 2012):

Diesel	612 \$/litro
Gas licuado	712 \$/kg

Utilizando los factores de conversión 10,01 kWh/litro para el diesel y 13,11 kWh/kg para gas licuado, se obtiene:

Diesel	61,1 \$/kWh
Gas licuado	53,3 \$/kWh

Finalmente:

$$13.527.480 \text{ \$/año} = 1.121.520 \text{ kWh/año} \times 61,1 \text{ \$/kWh} - 1.061.846 \text{ kWh/año} \times 53,3 \text{ \$/kWh}$$

Energía Inicial kWh/año	Energía Propuesta kWh/año	Ahorro energético kWh/año	Ahorro energético \$/ inicial	Ahorro económico \$/año	Inversión \$	PRS años
1.121.520	1.031.846	59.674	5,3%	13.527.480	2.850.000	0,2

5.5 MMEE en sistemas de edificación

ENVOLVENTE TÉRMICA

5.5.1 Conceptos básicos

- **Envolvente térmica:** se compone de los cerramientos del edificio que lo protege de las condiciones climáticas externas.
- **Termopanel:** sistema de dos o más vidrios herméticamente sellados.
- **Burletes:** material que se instala para evitar infiltraciones por las ventanas.
- **Factor solar:** cociente entre la cantidad de energía que entra a través de un vidrio y la energía solar exterior incidente. A menor factor solar menores serán las ganancias de calor.

5.5.2 Descripción de las MMEE en edificación

Las medidas de ahorro en edificación están enfocadas principalmente a disminuir la demanda de calefacción y refrigeración. Esto se conseguirá mediante la reducción de pérdidas generadas a través de la envolvente térmica del edificio, o con el aumento del rendimiento energético de los sistemas de calefacción y refrigeración.

Las medidas de ahorro que permiten reducir pérdidas energéticas en edificación se clasifican de la siguiente forma:



Figura 16. Medidas de Mejora de Eficiencia Energética de la envolvente: opciones de reducción de pérdidas.

- **Medidas de reducción de la conducción:**

Reducen las pérdidas asociadas al flujo térmico que se genera entre el interior y el exterior del edificio por diferencias de temperaturas. Pueden ser MMEE que impliquen un recambio tecnológico o de gestión:

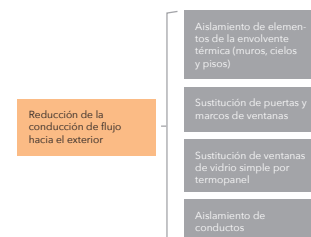


Figura 17. Medidas de Mejora de Eficiencia Energética de reducción de pérdidas por conducción.

• Medidas de reducción de infiltraciones

Son medidas de gestión que reducen las pérdidas asociadas a las infiltraciones de aire del exterior.

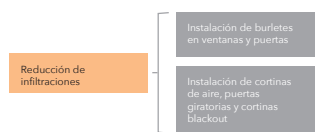


Figura 18. Medidas de Mejora de Eficiencia Energética de reducción de infiltraciones.

No se recomienda una reducción total de las infiltraciones de aire en el edificio, ya que no se produciría un flujo de calor hacia el exterior. Esta situación es ventajosa en invierno debido a que se reduce la demanda de calefacción, pero en verano generaría un aumento en la demanda de enfriamiento.

• Medidas de reducción de la radiación

Son medidas de gestión que reducen el aporte de calor al interior del edificio, derivado de la radiación solar y de los materiales de construcción.

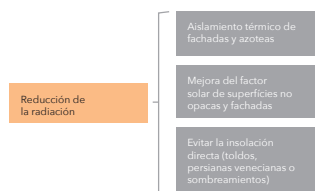


Figura 19. Medidas de Mejora de Eficiencia Energética de reducción de radiación.

También será necesario que los usuarios del edificio hagan un uso adecuado de la envolvente y tengan hábitos de uso responsable.

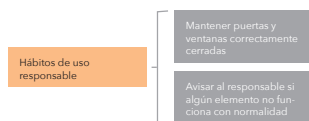


Figura 20. Medidas de Mejora de Eficiencia Energética en edificación: adopción de hábitos de uso responsable.

A continuación se nombran las medidas que se emplean con mayor frecuencia en edificación:

• Medidas que implican un recambio tecnológico

1. Sustituir la carpintería de puertas y ventanas: entre otras, se encuentran:

- Sustitución por carpinterías de madera, elemento que disminuye la transmitancia térmica hacia el exterior.
- Sustitución por carpinterías de PVC. Si bien la transmitancia térmica es ligeramente superior que en el caso de la madera, no conlleva costos adicionales derivados del mantenimiento del material.

2. Sustituir las ventanas de vidrio simple: entre otras, se encuentran:

- Sustitución del vidrio simple por otro como el termopanel, de menor transmitancia térmica.
- Instalación de una doble ventana, que genere una cámara de aire interna. Esta medida evita gran parte del flujo térmico entre el interior y el exterior de un edificio.

Para mayor información sobre ventanas eficientes el Departamento de Energía de los Estados Unidos¹⁶ ha publicado una guía: "Guide to Energy-Efficient Windows".

• Medidas de gestión

1. Aislar elementos de la envolvente térmica: entre otras, se encuentran:

- Adición de poliestireno expandido o lana de vidrio para aislamiento en muros, del grosor necesario en función de la zona térmica en la que se encuentre el edificio.
- Adición de poliestireno expandido o lana de vidrio para aislamiento en cielos, del grosor necesario en función de la zona térmica en la que se encuentre el edificio.
- Adición de aislamiento en pisos de una capa de aislante que disminuya las pérdidas a través de este elemento.

2. Aislar conductos: por las tuberías y conductos por los que discurre el agua de calefacción se pierde calor debido a la diferencia térmica con el ambiente exterior. El aislamiento de tuberías ayuda a ahorrar dinero, no sólo por evitar la pérdida de calor sino también por proteger las tuberías contra el agua de condensación, la corrosión y los daños mecánicos. Cabe destacar que esta medida es altamente efectiva. Únicamente en aquellos conductos que se encuentren en el exterior del edificio, por lo que en zonas frías donde las conducciones suelen ser internas, esta medida no tendrá mucha aplicabilidad. Para el aislamiento de las tuberías es común el uso con lana de vidrio.

3. Instalar burletes: aplicación de burletes o cintas selladoras, que son tiras de un textil u otro material flexible que se coloca en el canto de las hojas de puertas o ventanas para que cierren herméticamente y evitar las infiltraciones de aire del exterior.

4. Instalar cortinas de aire, puertas giratorias y cortinas blackout: Evitan que el aire caliente del interior del edificio se escape a través de ventanas y puertas.

5. Aislar térmicamente fachadas y azoteas: entre otras, se encuentran:

- Adición de aislante en la azotea. Este deberá colocarse debajo de la capa de impermeabilización en un edificio con cubierta caliente, o encima en el caso de una cubierta invertida.
- Adición de aislamiento exterior o interior en

las fachadas, en función de dónde se permita realizar la intervención y del monto de dinero que se quiera gastar.

6. Mejorar el factor solar de superficies no opacas y ventanas: En el caso de que la protección solar de ventanas sea opaca y de tonalidad clara, el factor solar será pequeño. Por ello se aconseja el empleo de láminas solares adheridas a los vidrios de las ventanas, ya que además de ser opacas a la radiación infrarroja, minimizan la incidencia que tiene la luz solar y son capaces de reducir la entrada de calor en el edificio hasta un 55% en verano, y reducir sus pérdidas hasta un 20% en invierno.

7. Evitar la insolación directa: entre otras, se encuentran:

- Instalación de toldos, persianas venecianas o sombreros que impidan la insolación directa sobre el edificio y por tanto la ganancia de calor durante el verano.

• Adopción de hábitos de uso responsable

1. Mantener las puertas y ventanas correctamente cerradas: una ventana que no cierra correctamente será una fuente de pérdidas energéticas muy importante. Es necesario revisar que todas las puertas y ventanas del edificio quedan perfectamente cerradas.

2. Avisar a la persona responsable si algún elemento de la envolvente mencionado en los puntos anteriores no funcionan con normalidad: de la misma forma que en el punto anterior una ventana mal cerrada es una fuente de pérdidas energéticas, una falla en cualquier elemento de la envolvente también dará lugar a importantes pérdidas energéticas y será necesario repararlo con urgencia.

¹⁶ US Department of Energy, Energy Efficiency & Renewable Energy: <http://www1.eere.energy.gov/library/>



5.5.3 Situación en el sector de las Instituciones de Educación Superior (IES)

Es habitual que los cerramientos transparentes estén compuestos por vidrios simples en marcos de aluminio sin rotura de puente térmico.

No es habitual la utilización de elementos de sombreado exterior en las fachadas más expuestas a la insolación. En estas ubicaciones, la tendencia es mitigar la radiación solar por medio de cortinas y persianas interiores.

A continuación se incluye un ejemplo de identificación y cálculo de MMEE en edificación en las IES:

Caso práctico MMEE EDIFICACIÓN EN UNA IES

Situación:

Las paredes laterales de las instalaciones de la piscina temperada de una Institución de Educación Superior no disponen de aislamiento térmico.

Propuesta de mejora:

Se propone instalar un sistema de aislamiento térmico por el exterior de estas paredes con el fin de reducir las pérdidas de calor.

Cálculo justificativo:

Se considera que la transmitancia térmica de los muros sin aislamiento tiene un valor de 1,6 W/m²K.

Utilizando un sistema basado en panel rígido de poliestireno expandido de 40 mm de espesor, el muro renovado alcanza un valor de transmitancia térmica de 0,58 W/m²K.

Los muros pendientes de aislar tienen una superficie total de 700 m².

Se toman 15K como diferencia entre la temperatura interior y exterior.

Las pérdidas térmicas, en términos de potencia, se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Pérdidas [W]} = U \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \right] \times A \left[\text{m}^2 \right] \times \Delta T \text{ [K]}$$

Se considera un periodo de funcionamiento de seis meses (4.320 horas), durante el cual se mantiene la piscina temperada utilizando un sistema de calefacción.

En este caso las pérdidas antes y después de la ejecución del sistema de aislamiento térmico serían:

Situación	Sin aislamiento térmico	Con aislamiento térmico
Pérdidas (W)	16.800	6.090
Energía (kWh)	72.576	26.309

El ahorro resultante es de 46.267 kWh anuales.

Resultados:

Se parte del conocimiento del costo de la energía (79,71 \$/kWh) y de la instalación del aislamiento térmico (30.300 \$/m²).

Energía Inicial kWh/año	Energía Propuesta kWh/año	Ahorro energético kWh/año	Ahorro energético %/ inicial	Ahorro económico \$/año	Inversión \$	PRS años
72.576	26.309	46.267	63,7%	3.687.943	21.210.000	5,7

5.6 MMEE en equipos

5.6.1 Conceptos básicos

- **Factor de carga:** valor que tiene en cuenta el tiempo que el equipo funciona realmente al 100% de su potencia.
- **Variador de frecuencia:** sistema que controla la velocidad de funcionamiento de un motor a través de la variación frecuencia de la energía que alimenta al motor.
- **Consumos "vampiro":** consumo de energía de los equipos cuando no están en funcionamiento, solo por estar enchufados.

5.6.2 Descripción de las MMEE en equipos

EQUIPOS

Bajo el término equipo se incluye una variedad de los mismos, ya sean equipos ofimáticos, electrodomésticos, entre otros, pero también se puede estar haciendo referencia a otros equipos como pueden ser los ascensores.

Se incluyen en este apartado todos aquellos elementos consumidores de energía que no se incorporan dentro de los sistemas de iluminación, climatización y ACS.

El ahorro en equipos debe orientarse a reducir los factores que influyen en el consumo de energía: potencia instalada y tiempo de utilización de los equipos.

• Medidas que implican un recambio tecnológico

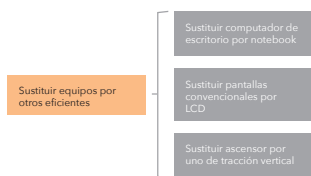


Figura 21. Medidas de Mejora de Eficiencia Energética en equipos: medidas que implican un recambio tecnológico.

• Medidas de gestión

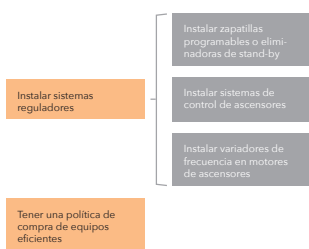


Figura 22. Medidas de Mejora de Eficiencia Energética en equipos: medidas de gestión.

1. Sustituir equipos por otros eficientes:

- Sustitución del computador de escritorio por un notebook. Esta opción reduce el consumo de manera importante. Se estima que un computador portátil consume alrededor de la mitad de energía que un computador de escritorio de las mismas características¹⁷.
- Sustitución de la pantalla convencional del equipo computacional por una pantalla LCD. Esta tecnología proporciona alta resolución y ofrece ahorros de un 37% en funcionamiento y un 40% en modo stand-by¹⁸.
- Sustitución del ascensor eléctrico de tracción o el hidráulico por un ascensor de tracción vertical, que funciona por efecto imán con frecuencia y tensión variables, proporcionando arranque y parada suave. Además, al no utilizar sistema de engranajes se evitan pérdidas por rozamiento, se necesita un espacio para la cabina de menor tamaño y se reduce hasta 10 veces el ruido.

Con estas medidas se pueden obtener ahorros entre un 25% y un 40% frente a los ascensores eléctricos de tracción y hasta un 60% frente a los hidráulicos.

¹⁷ Fuente: Energy Star

¹⁸ Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)

¹⁹ Consumo vampiro: energía que emplean los equipos eléctricos cuando no están en uso pero sí están conectados al enchufe. (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile)

2. Instalar sistemas reguladores en ascensores: sistemas de control en ascensores, que proporcionan un uso eficiente gracias a que detectan el ascensor más cercano al punto que está siendo solicitado y el sentido ascendente o descendente en que se esté moviendo.

3. Incorporar elementos que aumenten el rendimiento de la instalación: instalar variadores de frecuencia en el motor del ascensor altera la frecuencia de alimentación y la tensión en la misma proporción, manteniendo constante el flujo magnético de la máquina. De esta forma los ascensores arrancan y frenan progresivamente reduciendo el máximo de consumo del motor. Pueden proporcionar ahorros entre un 3% y un 35%.

4. Definir una política de compra de equipos eficientes: una importante medida de ahorro se basa en la incorporación de criterios de eficiencia energética en la compra de equipos.

Para facilitar esta medida, en Chile se dispone desde hace ya algunos años de un sistema de etiquetado basado en la normativa europea que se está implantando cada vez a más tipos de equipos como refrigeradores, ampolletas entre otros que permite identificar los equipos con mayor nivel de eficiencia energética.

El sistema de etiquetado usa una escala de 7 clases identificadas por una letra que va desde A para los artefactos más eficientes hasta la letra G para aquellos de menor nivel de eficiencia energética.



Figura 23. Ejemplo de etiqueta de eficiencia energética. Fuente: NCh 3000. O12006.

• Adopción de hábitos de uso responsable

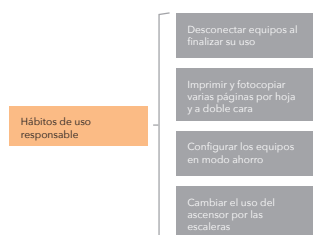


Figura 24. Medidas de Mejora de Eficiencia Energética en equipos: adopción de hábitos de uso responsable.

A continuación se nombran las medidas que se emplean con mayor frecuencia:

- 1. Apagar los equipos cuando no se estén utilizando:** en el caso de los computadores, se deberán desconectar tanto la unidad central como la pantalla.
- 2. Utilizar los equipos tales como impresoras o fotocopadoras de forma razonable:** se recomienda imprimir y fotocopiar a doble cara o imprimiendo varias páginas por hoja y evitar imprimir e-mails.
- 3. Configurar los equipos de oficina en modo ahorro:** configurar el computador en modo suspensión o hibernación para que se apaguen tras un tiempo sin utilizarlos y dejen de consumir energía. También se puede reducir el consumo de la pantalla y de las impresoras.
- 4. Sensibilizar a los usuarios de las instalaciones sobre la importancia del uso de los ascensores de un modo racional, eligiendo las escaleras siempre que sea posible:** además de reducir el consumo energético de los ascensores se estará incorporando un hábito saludable para los usuarios del establecimiento educacional.

5.6.3 Situación en el sector de las Instituciones de Educación Superior (IES)

Los equipos más habituales en las IES son los computadores, tanto en salas de clase y laboratorios con fines educativos, como en oficinas de carácter administrativo. En general, los computadores son de tipo escritorio, aunque es común observar equipos notebook, normalmente asignados a personal académico e investigador.

Otros equipos tecnológicos frecuentes son los data-show y las impresoras.

Las facultades de perfil científico disponen de laboratorios por lo que, en ocasiones, la carga energética atribuible a equipos de laboratorio es importante.

A continuación se incluye un ejemplo de identificación y cálculo de MMEE en equipos de oficina en las IES:

Caso práctico MMEE EQUIPOS DE OFICINA EN UN CAMPUS DE SANTIAGO

Situación: Un pequeño campus en Santiago está dotado con 123 computadores de escritorio, distribuidos entre salas de clase, laboratorios, biblioteca y oficinas.

Los computadores tienen una potencia instalada de 160 W, sin considerar el monitor.

Propuesta de mejoras: La propuesta de mejora de la eficiencia energética consiste en la sustitución de 80 de los computadores actuales por equipos "thin client". Un "thin client" es un pequeño computador diseñado para funcionar en red, conectando un computador de manera remota, así el grueso del esfuerzo de cómputo es realizado por un servidor. Estos equipos no tienen partes móviles (disco duro, ventilador) y su consumo energético es significativamente inferior a los PC convencionales.

Determinados usos informáticos que no exigen gran potencia de cálculo permiten la implementación de los sistemas basados en "thin client", como navegación por internet, consulta de correo electrónico, procesadores de texto u hojas de cálculo.

Cálculo justificativo: Se conoce el catastro de computadores, la potencia de los equipos y la estimación del número de horas de funcionamiento:

Equipo	PC	PC
Usuario	Alumnos	Funcionarios
Cantidad (Ud)	100	23
Potencia (W)	160	160
Funcionamiento (h/año)	1.000	1.800
Energía (kWh)	16.000	6.624

El consumo actual correspondiente a los computadores es de 22.624 kWh.

Se propone la sustitución de 60 de los computadores accesibles a los alumnos y 20 computadores de funcionarios por terminales "thin client" con un consumo de 9 W.

Equipo	PC	Thin Client	PC	Thin Client
Usuario	Alumnos	Alumnos	Funcionarios	Funcionarios
Cantidad (Ud)	40	60	3	20
Potencia (W)	160	9	160	9
Funcionamiento (h/año)	1.000	1.000	1.800	1.800
Energía (kWh)	6.400	540	864	324

Según la propuesta de MMEE, el consumo energético correspondiente a los computadores será de 8.128 kWh, resultando un ahorro energético de 14.496 kWh (64%).

Resultados:

Considerando un costo de la electricidad de 80,35 \$/kWh y el costo de los equipos de 280.000 \$/ud, resulta:

Energía Inicial kWh/año	Energía Propuesta kWh/año	Ahorro energético kWh/año	Ahorro energético %/ inicial	Ahorro económico \$/año	Inversión \$	PRS* años
22.624	8.128	14.796	64%	1.188.859	22.400.000	18,8

Se observa que el PRS supera la vida útil del equipo. Sin embargo el enfoque más adecuado en este caso sería considerar el sobrecosto de la utilización de equipos "thin client". Esta estrategia podría permitir la reducción del costo de la renovación de los computadores.

Energía Inicial kWh/año	Energía Propuesta kWh/año	Ahorro energético kWh/año	Ahorro energético %/ inicial	Ahorro económico \$/año	Inversión \$	PRS* años
22.624	8.128	14.796	64%	1.188.859	0	-

*PRS Es el Periodo de Retorno Simple, que es la manera más sencilla de saber el tiempo en el que se puede recuperar la inversión.

5.7 Metodología de Medición y Verificación (M&V) de MMEE

La ejecución de una Medida de Mejora de la Eficiencia Energética (MMEE) no implica necesariamente obtener los resultados previstos por el proyectista de la medida. Para realizar los cálculos de las MMEE se determinan ciertos parámetros que pueden variar durante el periodo de vigencia de la propia MMEE.

Evaluar el resultado final de una MMEE mediante observaciones simples como la diferencia entre el consumo energético del año anterior y posterior a la aplicación de la MMEE puede dar lugar a conclusiones erróneas.

Un ejemplo habitual es el de un edificio que recibe una MMEE de su sistema de calefacción, siendo el año anterior climatológicamente muy benigno, y el posterior muy duro. La comparación de consumos de años consecutivos (sin corregir el efecto de variación climatológica) puede ofrecer un resultado que indique que la MMEE lejos de conseguir su objetivo, ha empeorado la situación.

Queda así de manifiesto la necesidad de utilizar una metodología más compleja para evaluar el resultado real de las MMEE, lo que lleva al concepto de Medición y Verificación.

La Medición y Verificación (M&V)¹⁹ es un proceso que consiste en utilizar la medida para establecer de forma fiable el ahorro real generado en una instalación dentro de un programa de gestión de la energía.

La principal ventaja de utilizar M&V es obtener una medición verificada los ahorros generados por la instalación energética después de aplicada la Medida de Mejora Eficiencia Energética.

Se pueden utilizar las técnicas de Medición y Verificación con los siguientes fines:

- Incrementar el ahorro de energía.
- Referencia para la realización de los pagos.

- Mejorar el financiamiento del proyecto de eficiencia.
- Mejora del diseño, explotación y mantenimiento de las instalaciones.
- Gestión de los presupuestos de gasto energético.
- Mejora el valor de los créditos de la reducción de emisiones.
- Hacer comprender a la sociedad que la gestión de la energía es una herramienta prioritaria.

Con el fin de formalizar el proceso de M&V se ha de redactar el correspondiente Plan de M&V que, generalmente, responde a las directrices marcadas por un protocolo de M&V.

Un protocolo de M&V es una guía y procedimiento sistemático y detallado para determinar Ahorro real de una instalación energética. Algunos protocolos utilizados a nivel internacional son los siguientes:

- ASHRAE Guideline 14- US DOE FEMP M&V Guide for US Government Buildings.
- IPMV International Performance Measurement and Verification Protocol.

Un plan de M&V es un conjunto de medidas de Eficiencia Energéticas sometidas a evaluación bajo un criterio determinado a través de un protocolo de M&V con el fin de determinar el ahorro real después de aplicar las medidas de Eficiencia Energética.

Para el desarrollo de un Plan de Medición y Verificación de las MMEE se recomienda utilizar el protocolo IPMVP "International Performance Measurement and Verification Protocol" de la organización EVO "Efficiency Valuation Organization". Este plan debe ser aprobado por un CPMVP (Profesional del área certificado en el protocolo internacional de medición y verificación IPMVP, capaz de realizar y validar un plan de M&V)

Para mayor información consultar el documento de referencia: IPMVP Volumen I, EVO 10000 - 1:2010 (Es).²⁰

Dado que un plan de Medición y Verificación (M&V) debe diseñarse específicamente para cada una de las MMEE, se presenta un ejemplo correspondiente a una MMEE en un sistema de generación de calor.

¹⁹ Agencia Chilena de Eficiencia Energética: <http://www.acee.cl/>
²⁰ Efficiency Valuation Organization: <http://www.evo-world.org>

En el ejemplo aparecen los siguientes conceptos:

Opción del IPMVP: el IPMVP ofrece cuatro opciones para determinar el ahorro: A, B, C y D. Para seleccionar una de ellas hay que tener en cuenta diversos aspectos, como por ejemplo, dónde se establece el límite de medida.

Límite de medida: límite conceptual que se establece alrededor de los equipos o sistemas para separar los hechos que son relevantes en la determinación del ahorro de los que no lo son.

Efecto cruzado: efecto sobre la energía creado por una MMEE pero que no son medidos dentro del límite de medida.

Periodo de referencia: tiempo seleccionado que representa el funcionamiento de la instalación o sistema antes de la implementación de una MMEE

Variables independientes: parámetros que se espera que cambien de forma regular en el tiempo y que tengan un impacto medible sobre el consumo de energía de un sistema o de una instalación.

Factores estáticos: características de la instalación que afectan al consumo dentro del límite de medida, pero que no sirven de base para ningún ajuste rutinario. Entre ellas se incluyen las características fijas, medioambientales, operacionales y de mantenimiento.

Periodo demostrativo: periodo que sigue a la implementación de una MMEE cuando los informes de ahorro se adhieren al IPMVP.

5.7.1 Ejemplo de plan de M&V sobre MMEE en un sistema de generación de calor

El protocolo IPMVP indica en su Capítulo 5 los contenidos que debe tener un buen Plan de M&V. A continuación se completan dichos epígrafes tomando un caso de MMEE real consistente en la sustitución de un equipo por otro más eficiente.

Objetivo de la MMEE

En la actualidad se dispone de un sistema de calefacción basado en una caldera con quemador de combustible diesel.

La MMEE consiste en la sustitución del quemador de diesel por un quemador de gas licuado, consiguiendo una mejora del rendimiento del proceso de combustión.

Esta MMEE no implica cambios en el cuerpo de la caldera. Se considera que las condiciones de funcionamiento (temperaturas de impulsión y retorno, presión, etc.) se mantienen inalteradas tras la implantación de la MMEE.

Opción del IPMVP y límite de medida

Para el cálculo del ahorro correspondiente a la MMEE descrita anteriormente, se utiliza la Opción B por ser la más adecuada entre las cuatro opciones que permite el protocolo IPMVP.

Se establece como límite de medida el propio de la caldera, considerando el consumo de combustible y la energía entregada en forma de agua caliente.

No se ha identificado ningún efecto cruzado de importancia al implantar la MMEE.

Referencia: periodo, energía y mediciones

Identificación del periodo de referencia: se toma un periodo de referencia de 12 meses, de manera que se pueda observar un ciclo completo del funcionamiento del sistema de calefacción.

Es preciso indicar que para cada MMEE será necesario analizar cuál es el periodo de referencia adecuado, pudiendo llegar a ser una medición instantánea en determinados casos de iluminación.

Datos de consumo de referencia: se mide el consumo de energía de la caldera por medio del caudal de combustible consumido.

Durante el periodo de referencia se tiene un consumo de 112.000 litros de diesel, correspondiendo a 1.121.120 kWh (Se utiliza el factor de conversión 10,01 kWh/l para combustible diesel).

Variables independientes: una variable independiente es un parámetro del que se sabe que va a cambiar de forma regular en el tiempo y que va a tener un impacto significativo sobre el consumo de un sistema²¹. La única variable independiente que se toma en consideración en este caso, es el la demanda térmica de calefacción.

La demanda térmica de calefacción se mide por medio de un contador de calor. Este instrumento mide simultáneamente la diferencia de temperatura entre la impulsión y el retorno del circuito de calefacción y el propio caudal de dicho circuito. La demanda térmica de calefacción durante el periodo de referencia es de 930.530 kWh

Factores estáticos: se considera que las temperaturas de impulsión y retorno del circuito de calefacción y las condiciones de la sala de calderas y chimenea no cambian en el tiempo. Los posibles cambios que experimenten estas variables tienen que ser monitorizados durante todo el periodo demostrativo de ahorro.²²

Condiciones de referencia que no cumplen condiciones requeridas: no aplica.

Tamaño, tipo y aislamiento de cualquier elemento del edificio: no aplica.

Inventario de equipos: caldera de agua caliente (800 kW) con quemador de combustible diesel.

Procedimiento de operación de los equipos: el sistema de calefacción entrega el calor en forma de agua caliente y gestiona su marcha y paro en función de la temperatura del agua en el circuito.

Problemas significativos durante el periodo de referencia: no se han identificado.

Periodo demostrativo de ahorros

Se toma un periodo demostrativo de ahorro de 12 meses, de manera que se pueda observar un ciclo completo del funcionamiento del sistema de calefacción.

Base para el ajuste

Se toma el enfoque de "consumo de energía evitado", de manera que se aplicarán las condiciones de tiempo de funcionamiento del periodo demostrativo de ahorro al periodo de referencia.

Procedimiento de análisis

Medición de la línea base: en base a las mediciones correspondientes al periodo de referencia se determina un modelo matemático que permite calcular el consumo del quemador original ante diversas condiciones de demanda térmica.

Dada la siguiente ecuación, es posible determinar el comportamiento energético del quemador antes de la MMEE en función de la demanda térmica en el periodo demostrativo de ahorro (D):

$$E_{\text{energía quemador}} [\text{kWh}] = 1,205 \times D [\text{kWh}]$$

Medición de la línea resultado: se determina el consumo energético de la caldera por medición del consumo de combustible y utilizando el factor de conversión adecuado (13,11 kWh/kg en el caso de GLP): Medición de la línea resultado: se determina el consumo energético de la caldera por medición del consumo de combustible y utilizando el factor de conversión adecuado (13,11 kWh/kg en el caso de GLP):

$$E_{\text{energía quemador}} [\text{kWh}] = \text{Consumo}_{\text{GLP}} [\text{kg}] \times \text{FC}_{\text{GLP}} [\text{kWh/kg}]$$

²¹ EVO 10000-1:2010 (Es)

²² EVO 10000-1:2010 (Es)

Determinación del ahorro: tomando el enfoque de consumos evitados, se ha de calcular el consumo en línea base ajustado con la medición de demanda térmica durante el periodo demostrativo de ahorro y compararlo con el consumo energético en línea resultado.

$$\text{Ahorro} = \text{Energía}_{\text{línea base ajustada}} - \text{Energía}_{\text{línea resultado}}$$

Precios de la energía: se considera como precio de la energía a efectos del cálculo del ahorro, el precio promediado del combustible a lo largo del periodo demostrativo de ahorro.

Especificaciones de la medida

Medición del consumo de combustible: la medición del consumo de combustible se realizará por medio de contador analógico exclusivo para la caldera objeto de estudio.

La medición del consumo de combustible de la caldera se realizará inmediatamente antes de la elaboración del informe. Como medida de control se sugiere una medición semanal.

Medición de la demanda térmica: la medición de la demanda térmica se realizará por medio de un contador de calor. Este instrumento mide simultáneamente caudal y la diferencia de temperatura entre la impulsión y el retorno del circuito de calefacción.

Responsabilidades de monitorización

El gestor energético será el encargado de asignar la responsabilidad de realizar las mediciones indicadas.

Precisión esperada

La máxima incertidumbre exigible a los equipos de medida es del 4%.

Presupuesto

Se considera que la ejecución del Plan de M&V no exige contar con recursos externos. Los trabajos necesarios se incorporan a las tareas del equipo de mantención y del gestor energético.

Formato del informe

El informe de cálculo de ahorro de tener al menos los siguientes contenidos:

- Periodo demostrativo (línea resultado).
 - Inicio.
 - Fin.
 - Medición de consumo de combustible.
 - Medición de demanda térmica.
- Ajuste del periodo de referencia (línea base).
- Precio de la energía.
- Ahorro calculado.
 - Ahorro energético.
 - Ahorro económico.

Garantía de la calidad

El informe de ahorro será revisado y validado por al menos un profesional diferente al responsable de elaborarlo.

RESULTADOS CONSEGUIDOS

- MMEE identificadas y calculadas.
- Plan de M&V de las MMEE.
- Informe demostrativo de ahorro.

5.8 Referencias


- Documento "Sistemas eficientes de climatización y uso de energías renovables" publicada en la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.
- Guía básica de calderas de condensación (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid).
- Guía básica de calderas de condensación (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid).
- Guía de Eficiencia Energética para establecimientos de Salud (Agencia Chilena de Eficiencia Energética).
- Guía práctica sobre instalaciones individuales de calefacción y Agua Caliente Sanitaria (ACS) (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE).
- Guide to Energy-Efficient Windows (US Department of Energy, Energy Efficiency & Renewable Energy).
- ASHRAE Guideline 14- US DOE FEMP M&V Guide for US Government Buildings.
- IPMVP "International Performance Measurement and Verification Protocol" (Organización EVO "Efficiency Valuation Organization").



6

Gestión de la energía y mejora continua

La gestión de la energía consiste en adoptar una serie de acciones para el seguimiento y control de los consumos con el fin de la mejora continua. La implementación de medidas de gestión de la energía es aplicable a una IES que quiera conseguir una reducción y optimización de sus consumos.



6. Gestión de la energía y mejora continua

OBJETIVO

Implementar nuevas oportunidades de mejora, relacionadas con la gestión de la energía, definiendo los indicadores más adecuados para el seguimiento de los consumos energéticos.

También se presentarán los beneficios de un Sistema de Gestión de la Energía (SGE) según la norma ISO 50001 y cómo un diagnóstico energético puede ser empleado como punto de partida en la implementación de un SGE.

6.1 Indicadores de seguimiento energético

Como parte de una correcta gestión de la energía, es necesario realizar un seguimiento periódico de los consumos energéticos de las instalaciones. Este seguimiento puede realizarse en base a diferentes indicadores energéticos que caractericen el consumo de energía de una determinada organización.

El disponer de indicadores energéticos permite realizar comparaciones a lo largo del tiempo o con valores de sistemas e instalaciones análogas.

Cada IES debe establecer los indicadores para realizar el seguimiento de su desempeño energético, en función de sus características y naturaleza. Asimismo, deberá actualizarlos cuando se produzcan cambios en las actividades que puedan afectar al seguimiento de los mismos.

Entre los indicadores energéticos más habituales se encuentran:

- Consumo de energía por unidad temporal (año, mes, día, etc.).
- Consumo de energía por superficie construida, calefaccionada, refrigerada, iluminada, etc.
- Consumo de energía por porcentaje de ocupación.
- Consumo de energía en base a parámetros climatológicos (temperatura, humedad, pluviosidad...).

En la tabla a continuación se definen algunos indicadores energéticos que pueden ser de utilidad en las IES:

Indicador	Unidades
Consumo mensual de energía eléctrica por instalación e institución.	kWh/m ²
Consumo anual de energía eléctrica por instalación e institución.	kWh/m ²
Consumo mensual de petróleo por instalación e institución.	Lt/m ²
Consumo anual de petróleo por instalación e institución.	Lt/m ²
Consumo mensual de gas por instalación e institución.	m ³ /m ²
Consumo anual de gas por instalación e institución.	m ³ /m ²

Tabla 30. Indicadores de desempeño energético.

6.2 Sistemas de Gestión de la Energía (SGE) según la norma ISO 50001

Sistema de Gestión de la Energía

"Conjunto de elementos interrelacionados o que interactúan para establecer una política y objetivos energéticos, además de los procesos y procedimientos necesarios para alcanzar esos objetivos"
Norma ISO 50001

Un sistema de gestión está basado en el principio de mejora continua, que debe regir cualquier sistema de gestión sea cual sea su objeto (medioambiente, calidad, energía) asimismo en el ciclo de mejoramiento continuo PDCA (Plan, Do, Check, Act = planificar, hacer, verificar, actuar). Además, es compatible con otros sistemas de gestión que las organizaciones dispongan.

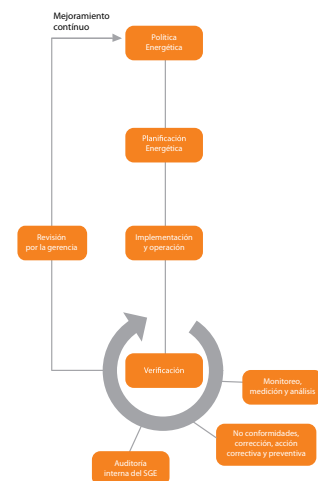


Figura 25. Ciclo de mejoramiento continuo del sistema de gestión de la energía. Fuente: Guía de Implementación Sistema de Gestión de la Energía basado en la ISO 50001.

6.2.1 Beneficios de la implementación de un SGE

La norma ISO 50001 puede ser utilizada por los establecimientos educacionales como una herramienta de ayuda para obtener mejoras significativas en su eficiencia energética.

Esta norma no establece requisitos absolutos para el desempeño energético (fuera de los incluidos en la política energética, el cumplimiento de los requisitos legales y la mejora continua), lo cual posibilita su implementación en cualquier tipo de organización, independiente de su tamaño, sector y ubicación.

Permite ahorrar costos mejorando la competitividad de las IES y disminuyendo el consumo de energía primaria y, por tanto, las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

A continuación se indican los principales beneficios económicos y ambientales de la implementación de un SGE de acuerdo a lo establecido en la norma ISO 50001.

Beneficios económicos

Uno de los beneficios más palpables de la implementación de un SGE es la reducción de costos, asociada a la reducción de consumo energético.

Un SGE permite mantener niveles de consumo estables en el tiempo gracias a una adecuada gestión del uso de la energía.

En la gráfica que se muestra a continuación se puede ver la reducción de los costos asociados al consumo de energía relacionados con el tiempo y las diferentes medidas de eficiencia energética.

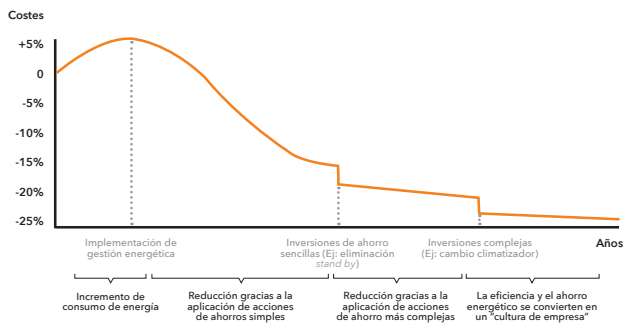


Gráfico 7. Reducción de costos tras la implementación de un SGE. Fuente: SEI Sustainable Energy Ireland.

Beneficios ambientales

La reducción del consumo energético también conlleva beneficios de carácter ambiental, al disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) derivadas del consumo de diferentes fuentes. Esta reducción será directamente proporcional a la reducción del consumo, de manera que a mayor ahorro energético obtenido más emisiones de GEI evitadas.

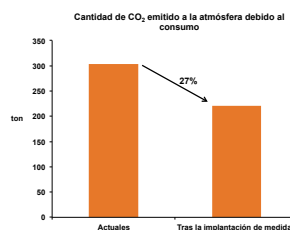


Figura 26. Ejemplo de reducción de emisiones de GEI tras la implementación de la norma ISO 50001.

Otros beneficios

Por último, la implementación de un SGE puede reportar otros beneficios además de los de carácter económico y/o ambiental. Si el establecimiento educacional decide certificarse bajo los criterios de la norma ISO 50001 demostrará frente a terceras partes su contribución al desarrollo sustentable, tanto en gestión de la energía como en reducción de emisiones.

Esta iniciativa dota a las IES certificadas de un valor añadido, siendo un claro ejemplo para el sector y fomentando la eficiencia y la gestión energética en el resto de las instalaciones.

6.2.2 Metodología de implementación de un SGE

A continuación se describen los requerimientos de un SGE según lo descrito en la "Guía de Implementación de Sistema de Gestión de la Energía basada en la ISO 50001" de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (ACHEE) publicada en su versión inicial en 2011 y revisada en 2012.

Esta metodología se basa en 4 pasos:

- Análisis de brechas**
 La realización de un análisis de brechas es una tarea indispensable para conocer en qué medida la gestión energética actual de la organización se adecúa a los requisitos establecidos por la norma ISO 50001. De este modo, resulta posible identificar los elementos que la organización ya haya desarrollado y que son más factibles de integrar en el SGE, así como aquellos que deberán ser elaborados. Los análisis de brechas permiten, por tanto, estimar los esfuerzos específicos que requiere la implementación en la organización.
- Compromiso de la alta gerencia**
 El compromiso de la Alta Gerencia es un aspecto fundamental en la implementación de un SGE, debiendo asegurar la disponibilidad de los recursos necesarios para la implementación y la mejora del desempeño energético.
- Requerimientos medulares**
 Los elementos medulares son aquellos asociados al área operacional de una organización, representando la médula del SGE. De este modo, el objetivo de esta etapa de la implementación consiste en comprender el contexto energético de la compañía para identificar cuáles son las variables que afectan al uso, consumo y desempeño energético, con el fin de poder enfocar en ellas los esfuerzos de mejora.
- Requerimientos estructurales**
 Los requerimientos estructurales son aquellos que dan a la gestión energética una connotación sistémica. Estos requerimientos garantizarán el

cumplimiento de sus compromisos y el seguimiento de todas las actividades relacionadas con el uso y consumo de la energía, así como con el desempeño energético.

Requerimientos Estructurales, como su nombre lo indica, son aquellos que proveen la estructura en torno a los requerimientos medulares y que convierten la gestión de la energía en un proceso sistemático y controlado.

CONSEJO

Para conocer más detalles sobre la ISO 50001, obtener ejemplos de documentación de un SGE y descubrir casos de éxito, visite: <http://guiaiso50001.cl/>

El diagnóstico energético como punto de partida para la implementación de requerimientos medulares

Los requerimientos medulares se enfocan en la gestión misma de la energía. Permiten comprender el contexto energético de la organización para identificar las áreas de uso y consumo significativo y enfocar en ellas las oportunidades de mejora del desempeño energético.

Uno de los requerimientos medulares clave en la implementación de un SGE es el de revisión energética, etapa fundamental en el proceso de planificación energética, al inicio de un SGE.

El objetivo final de esta revisión es conocer todos los detalles acerca del uso y consumo de la energía, es decir: cómo, quién, dónde, por qué, se usa la energía en las instalaciones de la organización.

Requerimientos de la norma ISO 50001

Según el ciclo de mejoramiento continuo que propone la ISO a través de sus estándares, se presentan a continuación los requerimientos de la norma ISO 50001 que, de acuerdo a la metodología de la ACHEE, se clasifican en:

Requerimientos Medulares, que corresponden a los procedimientos esenciales para observar y mejorar el desempeño energético.

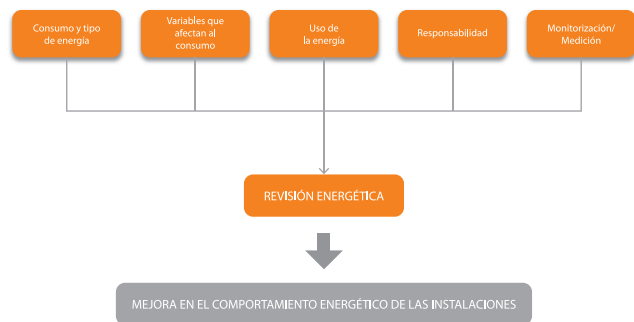


Figura 27. Esquema del proceso de revisión energética en una organización.

El proceso de revisión energética puede realizarse mediante un diagnóstico energético, ya que permite:

- Obtener un conocimiento fiable del consumo energético y su costo asociado
- Identificar y caracterizar las variables que afectan al consumo de energía
- Detectar y evaluar las distintas oportunidades de ahorro y mejora de la eficiencia energética y su repercusión en costo energético y otros asociados

Por tanto, la realización de un diagnóstico energético de las instalaciones puede ser el punto de partida para la implementación de un SGE.

6.3 Referencias

- Guía de Implementación de Sistema de Gestión de la Energía basada en la ISO 50001. (Agencia Chilena de Eficiencia Energética, AChEE).

RESULTADOS CONSEGUIDOS

- Indicadores de desempeño energético definidos.
- Primera aproximación a la gestión de la energía según ISO 50001.





7

Anexos



7. Anexos

7.1 Anexo I: Fichas de levantamiento de datos

ILUMINACIÓN

Ejemplo de ficha de levantamiento de datos de iluminación					
Recinto					
Tipo de ampolleta					
Potencia (W)					
Número de grupos					
Número de ampolleta por grupo					
Potencia del equipo auxiliar (W)					
Potencia total (W)					
Existencia detectores de presencia					
Horas al día					
Días al año					

Tabla 31. Ficha de levantamiento de datos de iluminación.

CLIMATIZACIÓN

Ficha levantamiento de datos de una caldera	
Designación	
Descripción	
Recinto	
N° Unidades	
Marca	
Modelo	
Potencia térmica nominal kW	
Rendimiento nominal (%)	
Rendimiento real medido (%)	
Tipo de regulación del quemador	
Año de instalación	
Servicio	
Horario de operación	
Periodo de calefacción	

Tabla 32. Ficha de levantamiento de datos de una caldera.



Ficha levantamiento de datos de una estufa	
Designación	
Descripción	
Tipo	
Recinto	
N° Unidades	
Marca	
Área de calefacción máxima	
Potencia (Kcal/h)	
Tipo de combustible	
Horas de uso anuales	

Tabla 33. Ficha de levantamiento de datos de una estufa.

Ejemplo de ficha levantamiento de datos de un chiller	
Designación	
Descripción	
Recinto	
N° Unidades	
Marca	
Modelo	
Potencia térmica nominal (kW)	
Potencia eléctrica nominal (kW)	
Rendimiento nominal REE	
Año de instalación	
Servicio	
Horario de Operación	
Periodo de refrigeración	

Tabla 34. Ficha de levantamiento de datos de un chiller.



Ficha levantamiento de datos de una bomba de impulsión/retorno y recirculación	
Designación	
Descripción	
Recinto	
Nº Unidades	
Marca	
Modelo/Tipo	
Caudal (m3/h)	
Altura max. (m)	
Potencia del motor (kW)	
Existencia de variador de frecuencia	
Existencia de aislamiento en las tuberías de distribución	
Horas/Año de operación	

Tabla 35. Ficha de levantamiento de datos de una bomba de impulsión/retorno y recirculación.

Ficha de levantamiento de datos de una UMA		
Designación		
Descripción		
Recinto		
Nº Unidades		
Marca		
Modelo		
Potencia térmica nominal (kW)	Refrigeración	
	Calefacción	
Climatizadora con freecooling		
Climatizadora con recuperador entálpico		
Año de instalación		
Servicio		
Horas/Año de operación		

Tabla 36. Ficha de levantamiento de datos de una Unidad Manejadora de Aire.



Ejemplo de ficha de levantamiento de datos de elementos terminales	
Designación	
Descripción	
Recinto	
Marca	
N° Unidades	
Potencia frigorífica (kW)	
Potencia térmica (kW)	
Horas de funcionamiento	

Tabla 37. Ficha de levantamiento de datos de los elementos terminales.

PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

Ficha de levantamiento de datos de la caldera de ACS	
Designación	
Descripción	
Recinto	
N° Unidades	
Marca	
Modelo	
Potencia térmica nominal kW	
Rendimiento nominal (%)	
Rendimiento real medido (%)	
Tipo de regulación del quemador	
Año de instalación	
Servicio	
Horario de operación	

Tabla 38. Ficha de levantamiento de datos de la caldera de Agua Caliente Sanitaria.



Ejemplo de ficha de levantamiento de datos del termo acumulador de ACS	
Designación	
Descripción	
Recinto	
Nº Unidades	
Marca	
Modelo	
Potencia térmica nominal (kW)	
Capacidad (litros)	
Temperatura acumulación	
Año de instalación	

Tabla 39. Ficha de levantamiento de datos del acumulador.

EQUIPOS

Ficha de levantamiento de datos de computadores	
Designación	
Recinto	
Unidades	
Potencia nominal (W)	
Potencia en stand-by (W)	
Horas/año de funcionamiento	

Tabla 40. Ficha de levantamiento de datos de computadores.

Ficha de levantamiento de datos de impresoras	
Designación	
Recinto	
Unidades	
Potencia nominal (W)	
Potencia en stand-by (W)	
Horas/año de funcionamiento	

Tabla 41. Ficha de levantamiento de datos de impresoras.



Ficha de levantamiento de datos de otros equipos				
Descripción equipo	Recinto	Unidades	Potencia (W)	Horas de funcionamiento

Tabla 42. Ficha de levantamiento de datos de otros equipos consumidores de energía.

ENVOLVENTE TÉRMICA

Ejemplo de ficha de levantamiento de datos de la envolvente térmica					
Materialidad principal					
Aislamiento de muros					
Aislamiento de cielo					
Aislamiento de pisos					
Número de puertas					
Materialidad de puertas					
Número de ventanas					
Materialidad de ventanas					
Ventanas					

Tabla 43. Ficha de levantamiento de datos de envolvente térmica.



7.2 Anexo II: Equipos de medición

Se describen a continuación cada uno de los equipos de levantamiento de datos con mayor detalle.

7.2.1 Analizador de redes

Suministra información sobre la evolución del consumo de electricidad y la potencia a lo largo del tiempo. Ofrece información sobre los horarios de funcionamiento reales, la existencia de consumos "vampiro", entre otros.

Será necesario saber si la red es trifásica (formado por tres corrientes alternas) o monofásica para indicarlo así en el aparato de medida si es que el equipo lo permite.

Se utiliza para obtener información extra sobre el consumo eléctrico, especialmente para saber más sobre el momento en el que éste tiene lugar, así como cuando se desea aislar el consumo de algún equipo o parte de la instalación del total. Por ejemplo: cuando exista una única conexión para varios edificios y se pretende aislar el consumo de uno de ellos, o se quiera aislar el de un equipo en concreto del resto de la instalación.

De forma habitual, el analizador de redes se instala en un tablero eléctrico, que puede ser el general del edificio o un tablero secundario, dependiendo si se quiere medir respectivamente el consumo total o el parcial.



Figura 28. Analizador de redes.

El tiempo de medición se puede ajustar a la información que se desea conocer. Así, aunque el tiempo más habitual de medición suele ser una semana, se puede programar para hacer mediciones instantáneas o de periodos más extensos. La variación del consumo a lo largo del tiempo se expresa gráficamente a través de las curvas de consumo o curvas de carga.

A continuación se muestra un ejemplo de la curva del consumo eléctrico obtenido de la instalación de un analizador de redes en un edificio de oficinas en un día laboral:

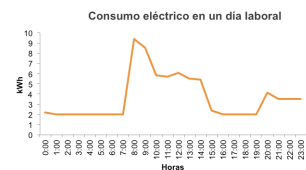


Gráfico 8. Ejemplo de resultado gráfico obtenido con un analizador de redes en una oficina.

Se aprecia en el gráfico un aumento importante del consumo desde las 07:00 horas, momento en el que abren las oficinas. Una hora después disminuye de una manera más progresiva hasta la hora del almuerzo, por la tarde se vuelve a ver otro ligero aumento.

Resulta destacable el consumo base que se produce durante la noche. Parte del cual es inevitable, debido al consumo de los servidores, sistemas de seguridad y otros equipos; y la otra parte, se podrá eliminar pues se trata de los consumos "vampiro" ocasionados por las pantallas encendidas o los aparatos en modo stand-by, entre otros.

7.2.2 Registrador de temperatura

Suministra información sobre la evolución de la temperatura en una sala a lo largo del tiempo. Se utiliza principalmente en aquellas instalaciones en las que la climatización tenga un peso importante respecto al consumo

total, así como cuando se quiera saber el tiempo de funcionamiento y las condiciones de la climatización.

Por lo general, se selecciona la sala de donde se desea obtener la información y se sitúa cerca de donde vaya a estar el trabajador o alumno. El equipo debe situarse alejado de cualquier fuente de calor/frío.

El tiempo de medición es variable, por lo general de una semana, dependiendo del ciclo de operación que se requiera.

Se muestra a continuación un ejemplo de la evolución de la temperatura de una sala, obtenida con los datos recabados por un registrador de temperatura.

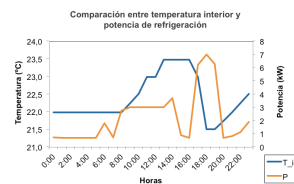


Gráfico 9. Ejemplo de resultado gráfico obtenido con un registrador de temperatura.

En el gráfico anterior se compara la temperatura interior de una sala con la potencia de enfriamiento consumida para mantenerla. La curva de potencia de enfriamiento dibuja una doble curva, un claro indicador de que se trata de una instalación que no se utiliza en el horario del almuerzo. Además resulta relevante destacar que el máximo de potencia coincide con la reducción de temperatura en la sala.

7.2.3 Cámara termográfica

La cámara termográfica suministra información sobre la temperatura superficial de un cuerpo, lo que permite conocer si se produce un exceso de temperatura en algún elemento y dónde se están produciendo las mayores pérdidas de calor.

Se utiliza cuando se quiere obtener información detallada sobre las pérdidas de calor que se producen a través de una envolvente o en un determinado elemento de la instalación. Los resultados obtenidos son relevantes cuando existe una gran diferencia de temperaturas entre lo fotografiado y el ambiente circundante.

Se puede realizar una termografía a cualquier objeto cuya temperatura sea diferente de la del ambiente, tales como:

- Tableros eléctricos.
- Calderas.
- Tuberías de distribución.
- Puertas y ventanas.
- Bombas de calor.

Al tratarse de una fotografía, el tiempo de medición es instantáneo.



Figura 29. Cámara termográfica.

Se muestra a continuación el ejemplo de una termografía realizada a las tuberías de una bomba de calor:

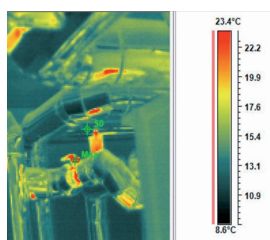


Figura 30. Termografía a las tuberías de una bomba de calor.

En la termografía anterior se pueden apreciar los puntos calientes que coinciden con las zonas mal aisladas.

En la siguiente termografía, realizada a una cristalera con diferentes hojas de cristal unidas mediante silicona, se puede observar cómo la temperatura de las juntas es considerablemente inferior a la del ambiente (la de la parte inferior), por lo que las mayores pérdidas de calor se producen a través de dichas juntas.

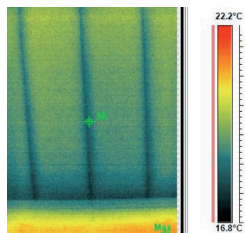


Figura 31. Termografía a una cristalera.

7.2.4 Analizador de gases

Suministra información sobre el rendimiento de la combustión de una caldera, así como las cantidades de distintos gases de escape de la misma (CO, CO₂, O₂ e incluso NO_x en algún caso).

Se usa cuando la caldera existente sea susceptible de ser cambiada, ya sea por antigüedad o porque requiera de un combustible que sea preferible sustituir. Para su utilización se necesita que la caldera esté funcionando y que exista un agujero en la chimenea por donde introducir la sonda de medida.

Por lo general, se puede realizar un análisis de gases a cualquier caldera, independiente del combustible que consume: gasóleo, gas licuado, gas natural, etc. El tiempo de medición es instantáneo.



Figura 32. Analizador de gases.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en un analizador de gases:

Medición	Resultados
Combustible	Gas Natural
O ₂ referencia	3.0 %
CO ₂ máxima	11.9 %
Temperatura Gas combustión	203.4 °C
CO corregido	3 ppm
O ₂	13.3 %
CO	1 ppm
Lambda (exceso de aire)	2.73
CO ₂	4.36%
Tiro	--- mbar
Temperatura ambiente	32.9 °C
Rendimiento	83.5 %

Tabla 44. Ejemplo de datos obtenidos con un analizador de gases de una caldera.

7.2.5 Registrador de ocupación

El registro de ocupación proporciona información sobre el tiempo que realmente ha estado ocupada una sala, y sobre los periodos en que la iluminación ha estado o no encendida. Se utiliza en lugares con salas donde la iluminación supone un consumo importante, aquellas que sean salas de paso, o que interese conocer su ocupación real.

Se coloca en un punto del recinto donde pueda captar la iluminación y el movimiento. Uno de los sensores se coloca enfocando hacia el foco de luz y el otro hacia el lugar de ocupación. El tiempo de medición es variable aunque, por lo general, suele tener una duración de una semana.

A continuación se muestra un ejemplo de una tabla con los datos de iluminación y ocupación por hora obtenidos por un registrador de ocupación:

Hora	ON ocupado (%)	ON vacante (%)	ON total (%)
0:00	0	0	0
1:00	0	0	0
2:00	0	0	0
3:00	0	0	0
4:00	0	0	0
5:00	0	0	0
6:00	0	0	0
7:00	0	0	0
8:00	43	7	50
9:00	42	18	60
10:00	50	10	60
11:00	57	3	60
12:00	43	17	60
13:00	56	4	60
14:00	60	0	60
15:00	20	2	22
16:00	40	0	40

Tabla 45. Ejemplo de datos obtenidos con un registrador de ocupación.

La segunda columna refleja el porcentaje de encendidos inútiles, es decir los momentos en que la iluminación de la sala se encontraba vacía, sin nadie en su interior.

A continuación se muestra el gráfico que se obtuvo con los datos obtenidos por un registrador de ocupación instalado en la sala de archivos de una universidad:

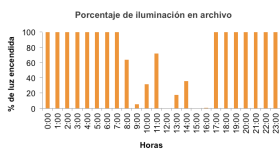


Gráfico 10. Ejemplo de resultado gráfico obtenido con un registrador de ocupación.

Pueden observarse diversos encendidos durante la jornada laboral. Además es destacable que durante la noche la luz permanece encendida.

7.2.6 Termoflujómetro

El uso del termoflujómetro ayuda a determinar la transmitancia térmica de un muro. Mide el flujo de calor a través de un cerramiento a partir de las temperaturas de los ambientes interno y externo junto con la temperatura de la pared interna. Para medir estas temperaturas este equipo viene provisto de una sonda inalámbrica y otra sonda con cuatro sensores.

Para un resultado más adecuado se recomienda hacer esta medida en invierno cuando el centro educativo está siendo calefaccionado.

7.2.7 Luxómetro

El luxómetro suministra información sobre el nivel de iluminación de un recinto o una calle, permitiendo analizar su conformidad con los niveles de iluminación recomendados y/o necesarios. Permite detectar situaciones de sobreiluminación por la instalación de ampollitas con potencias superiores a las necesarias que elevan el consumo, así como también identificar sectores con iluminación bajo norma.

Las medidas de luxometría se realizarán en espacios de consumo permanente o vías tipo para hacer un muestreo de toda la instalación. En el caso de lugares de consumo permanente, se realizará en el punto de trabajo en

cuestión y en el caso de alumbrados públicos se realizará a nivel de calle y siguiendo el método de los "nueve puntos". El tiempo de medición es instantáneo.



Figura 33. Luxómetro.

7.2.8 Otros equipos de medición

Además, existen otros equipos que pueden proporcionar información:

- **Pinzas amperimétricas:** se emplean para medir la corriente eléctrica de un determinado equipo y determinar así su potencia.
- **Metro:** se emplean para medir distancias.
- **Cámara fotográfica:** para ilustrar con fotografías el resultado del diagnóstico.
- **Grabadora:** para un registro de datos más rápido.

7.3 Anexo III:

Glosario

Balance energético: asignación de consumo de energía a equipos, sistemas, operaciones o cualquier otra división de la organización.

Burletes: material que se instala para evitar infiltraciones por las ventanas.

Célula fotoeléctrica: dispositivo que, al detectar la luz natural, hace que la iluminación se mantenga apagada.

Consumo energético: el consumo energético de un sistema es igual a la potencia por el tiempo de utilización. En climatización, el consumo energético es igual al producto de la potencia, al tiempo de funcionamiento y al factor de carga de los equipos. El factor de carga en aquellos equipos que funcionan continuamente tiene como valor la unidad, sin embargo es menor en los equipos que están controlados por sensores (T°, humedad, presión, etc.) y que funcionan discontinuamente con detenciones y activaciones repentinas.

Por otro lado, el consumo de climatización está relacionado con el rendimiento de los equipos de generación de calor y frío:

$$\text{Consumo energético climatización (kWh)} = \frac{\text{Demanda energética (kWh)}}{\text{Rendimiento}}$$

De este modo, algunas de las oportunidades de reducción de consumos en climatización estarán relacionadas con el aumento del rendimiento de los equipos o la disminución de la demanda de calefacción o refrigeración.

Consumos "vampiro": consumo de energía de los equipos cuando no están en funcionamiento, solo por estar enchufados.

Demanda energética: en los edificios, la demanda energética es de dos tipos:

- Calefacción

$$Q_{\text{calentamiento}} = Q_{\text{radiación}} + Q_{\text{ventilación}} - (Q_{\text{ventilación}} + Q_{\text{comparto}} + Q_{\text{equipos}} + Q_{\text{dominancia}})$$

- Enfriamiento

$$Q_{\text{enfriamiento}} = Q_{\text{radiación}} + Q_{\text{ventilación}} + Q_{\text{comparto}} + Q_{\text{equipos}} + Q_{\text{dominancia}}$$

Desempeño energético: resultados medibles relacionados con la eficiencia energética y el uso y consumo de la energía.

Detectores de presencia: dispositivo encargado de conectar la iluminación cuando detecta la presencia de una persona en ese espacio.

Dimmer: dispositivo usado para regular el voltaje de una o varias ampollitas.

Envolvente térmica: se compone de los cerramientos del edificio que lo protege de las condiciones climáticas externas.

Factor de carga: valor que tiene en cuenta el tiempo que el equipo funciona realmente al 100% de su potencia.

Factor solar: cociente entre la cantidad de energía que entra a través de un vidrio y la energía solar exterior incidente. A menor factor solar menores serán las ganancias de calor.

Freecooling: sistema de enfriamiento gratuito que permite enfriar el aire interior gracias a las menores temperaturas del aire exterior.

Interruptores temporizados: interruptor que, al pulsarlo, conecta en este caso la iluminación y está programado para apagarse de manera automática tras un tiempo establecido.

Línea base: período de referencia en cuanto a consumos de energía y su costo y, si es posible, su relación con las variables que más influyen en los consumos, como el nivel de actividad, el número de usuarios, variables climatológicas y otras.

Los valores así definidos se deben emplear como referencia para el cálculo de los ahorros que se deriven de las mejoras propuestas.

Termopanel: sistema de dos o más vidrios herméticamente sellados.

Transmitancia térmica: energía que atraviesa los materiales que forman la envolvente.

Válvulas termostáticas: sirven para controlar la temperatura que emiten los elementos terminales.

Variador de frecuencia: sistema que controla la velocidad de funcionamiento de un motor a través de la variación de la frecuencia de la energía que alimenta al motor.







Monseñor Nuncio Sótero Sanz n.º221
Providencia - Chile
☎ (56-2) 2571 2200

📘 /AChEEnergetica 🐦 @AgenciAChEE

info@acee.cl
www.acee.cl

