

Metodología IPMVP (EVO World)

1 Análisis del IPMVP

El International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP) o Protocolo Internacional de Medida y Verificación del Ahorro Energético, desarrollado por la Efficiency Valuation Organization (EVO), es un documento que pretende establecer las bases y procedimientos para la **medida y verificación de ahorros energéticos** conseguidos como consecuencia de la implantación de medidas de ahorro energético (MAEs).

La utilización de un procedimiento de este tipo, suficientemente contrastado y documentado bibliográficamente, **sirve como garantía** tanto para el cliente como para el proveedor de las MAEs, así como para instituciones financieras que estuvieran implicadas, evitando posibles conflictos derivados de la medida o justificación de los ahorros. En relación con las ESEs, esto tiene una importancia manifiesta ya que en contratos basados en ahorros demostrados de energía es crucial disponer de un método de medida y verificación de estos ahorros, que además sea aceptado por todas las partes.

También presenta otras ventajas como la **reducción de los costes** asociados a la elaboración del contrato de rendimiento energético, confiere **mayor credibilidad** incluso a nivel internacional de los informes de ahorro de energía, **facilita la interlocución** con Administraciones Públicas y con empresas privadas, etc.

Aunque el IPMVP no es una norma, es análogo a éstas en cuanto a su modo de aplicación. Para poder acogerse a este protocolo, deben seguirse una serie de pasos e indicaciones y utilizar una determinada terminología que permita lograr una homogeneidad entre los diferentes proyectos que hayan sido elaborados con arreglo a este protocolo.

1.1 Objetivo del IPMVP

El IPMVP se elabora con la idea de facilitar los procedimientos de medida y verificación en diversas situaciones, entre ellas, las concernientes a los contratos de rendimiento energético suscritos entre las ESEs y sus clientes, o las derivadas de la implantación de programas de eficiencia, de la implantación de MAEs, del seguimiento del mantenimiento de instalaciones, etc.

En esencia, para la aplicación del IPMVP se requiere la elaboración de un **Plan de Medida y Verificación** y la posterior realización de las correspondientes mediciones, verificaciones, cálculos y ajustes necesarios para el cumplimiento del plan. La elaboración de este Plan, deberá realizarse de acuerdo con una serie de condicionantes y requisitos establecidos en el documento. La aplicación del Plan de Medida y Verificación implicará la necesidad de seleccionar la **opción de verificación** más adecuada (existen 4 posibilidades dentro del IPMVP), de definir los equipos de medida que serán necesarios, de establecer los periodos que se tomarán como referencia para

la realización de las mediciones, de elaborar informes demostrativos de ahorro de manera periódica, etc.

El Plan de Medida y Verificación debe ser realizado por personal cualificado y debe ser específico para cada proyecto, de modo que se recojan las singularidades de cada uno, tanto a nivel técnico como a nivel humano. Las necesidades de cada cliente y cada instalación pueden ser muy diferentes, con lo que se elaborará el Plan de manera que se satisfagan éstas del mejor modo posible. Como resultado de la aplicación del Plan de Medida y Verificación se emitirán periódicamente **informes demostrativos de ahorro**, que habrán sido elaborados siguiendo los criterios acordados en el Plan. Estos informes serán los que, finalmente, justificarán los ahorros logrados con la aplicación de las MAEs, y servirán como base para evaluar el grado de cumplimiento de los compromisos alcanzados en un posible contrato de rendimiento energético. A partir de estas conclusiones se establecerían las remuneraciones, los ajustes y las compensaciones que deberían ser asumidos por la ESE o por el cliente en función de los términos acordados en el contrato.

En definitiva, con la aplicación del protocolo IPMVP se logra sistematizar el procedimiento de medida y verificación, ajustándolo a unos estándares reconocidos y contrastados, de manera que tanto la ESE como el cliente obtienen unas mediciones de los ahorros energéticos fiables y exactas, evitando, así, posibles conflictos y discusiones entre las partes por desavenencias en algún aspecto del contrato de rendimiento energético, o del acuerdo que se hubiese firmado.

1.2 Descripción del IPMVP

Una vez que se ha detectado una posible MAE para un determinado cliente, de acuerdo con las características de ésta y con las características y necesidades del propio cliente, se puede evaluar la conveniencia de la aplicación del protocolo IPMVP.

En caso de que el cliente decida llevar a cabo la MAE, y en caso de que haya encontrado conveniente la aplicación del protocolo, se deben seguir los siguientes pasos.

1. **Evaluación de las necesidades del cliente** en lo relativo a informes de medida y verificación. Con ello se acota el alcance de las mediciones que serán necesarias.
2. **Selección de la Opción** del IPMVP que resulte más adecuada. Ésta dependerá del alcance de la MAE, de la precisión requerida y del presupuesto disponible para medida y verificación. En este punto también habrá que definir un periodo de referencia y un periodo demostrativo de ahorro, así como los ajustes pertinentes para hacer comparables los valores obtenidos para ambos periodos.
3. **Recopilación de toda la información** correspondiente a los consumos de energía y a las operaciones del periodo de referencia, de modo que queden registrados para su futura consulta.
4. **Preparación del propio Plan de Medida y Verificación**, teniendo en cuenta los aspectos de los puntos anteriores, y definiendo el modo en que se realizarán los pasos de los puntos siguientes.

5. **Diseño, instalación, calibración y puesta en marcha** de los equipos de medida necesarios.
6. **Puesta en servicio**, es decir, comprobación de los equipos instalados y revisión de los procedimientos operativos.
7. **Recopilación de información** adquirida en el periodo demostrativo de ahorro.
8. **Cálculo del ahorro** en términos de energía y en términos monetarios.
9. **Elaboración del informe demostrativo de ahorro** de acuerdo con lo establecido en el Plan de Medida y Verificación.

Como resultado de la aplicación del protocolo se habrá elaborado un Plan de Medida y Verificación y se dispondrán de datos y de equipos de medida que permitirán, conforme al Plan, obtener los ahorros realmente conseguidos con la MAE. Estos serán comunicados al cliente con la periodicidad acordada en los informes demostrativos de ahorro. Asimismo, los ahorros obtenidos podrán ser contrastados **por un verificador independiente** si el cliente lo estimase oportuno.

Los principales aspectos a tener en cuenta a la hora de aplicar el IPMVP **son los siguientes:**

1.2.1 Límite de medida

En función de la MAE y de las necesidades del cliente, se debe establecer un límite de medida. Este puede incluir toda la instalación o solamente una parte de ella. Es importante delimitar convenientemente el límite de medida. Si se decide que se estudiará sólo una determinada instalación, se deben tener en cuenta los efectos cruzados que puedan darse.

1.2.2 Periodo de medida

Habrá que establecer un periodo de referencia y un periodo demostrativo de ahorro. En el primero se medirán los consumos energéticos iniciales, antes de implantar las MAEs. En el segundo se mide el consumo energético una vez implantadas las MAEs. Para que estos valores sean representativos del funcionamiento real de la instalación deben abarcar el ciclo operativo completo. En muchas ocasiones éste será de un año, aunque para determinadas instalaciones puede ser de un mes, una semana, un día o incluso horas.

1.2.3 Ajustes

Para que las mediciones realizadas en el periodo de referencia y en el periodo demostrativo de ahorro sean comparables entre sí, normalmente será necesario llevar a cabo determinados ajustes. Existen diversas variables que afectan al desempeño de las MAEs y que deben ser tenidas en cuenta. Por ejemplo, la sustitución de una caldera en un edificio por otra más eficiente permitirá lograr ahorros energéticos. Si se toma como periodo de referencia el año anterior al cambio de caldera y como periodo demostrativo de ahorro el año inmediatamente posterior, habrá que tener en cuenta factores como la adversidad climatológica de cada año, la incorporación de nuevos usuarios al suministro de la caldera, posibles modificaciones de los cerramientos, etc. Incluso al estimar los ahorros económicos habrá que tener en cuenta las variaciones en los precios del combustible en los diferentes años.

1.2.4 Opciones del IPMVP

Una de los puntos más importantes para la aplicación del IPMVP es la selección de la Opción de medida y verificación más adecuada. Existen cuatro Opciones denominadas A, B, C y D. Los criterios de selección de cada una dependerán de la MAE a instalar, de las necesidades del cliente, del presupuesto disponible para medida y verificación, de las condiciones iniciales del sistema, etc.

- **Opción A. Verificación aislada de la MAE: medición del parámetro clave.** En esta opción el ahorro se determina midiendo en la instalación un determinado parámetro clave. La medición puede ser continua o puntual. Será necesaria la estimación de otro parámetro que permita obtener el ahorro. Este parámetro deberá justificarse mediante datos históricos, especificaciones del fabricante, etc.
- **Opción B. Verificación aislada de la MAE: medición de todos los parámetros.** En esta Opción el ahorro se determina midiendo directamente en la instalación el consumo de energía del sistema en que se ha implementado la MAE. La medición puede ser continua o puntual, en función de la variación esperada del ahorro y la duración del periodo demostrativo de ahorro.
- **Opción C. Verificación de toda la instalación.** El ahorro se determina midiendo el consumo de energía de toda la instalación. La medición de todo el consumo de energía de la instalación se realiza de forma continua durante el periodo demostrativo de ahorro.
- **Opción D. Simulación calibrada.** El ahorro se determina simulando el consumo de energía de toda la instalación o de parte de ella. La simulación tiene que ser capaz de modelizar el rendimiento energético actual de la instalación. Esta opción suele requerir ciertas habilidades y conocimientos específicos para realizar simulaciones calibradas.

Por tanto las opciones A y B se utilizarían para la verificación aislada de las Medidas de Ahorro y Eficiencia (MAE) por cuanto se mide exclusivamente el efecto de la mejora dentro del límite de medida.

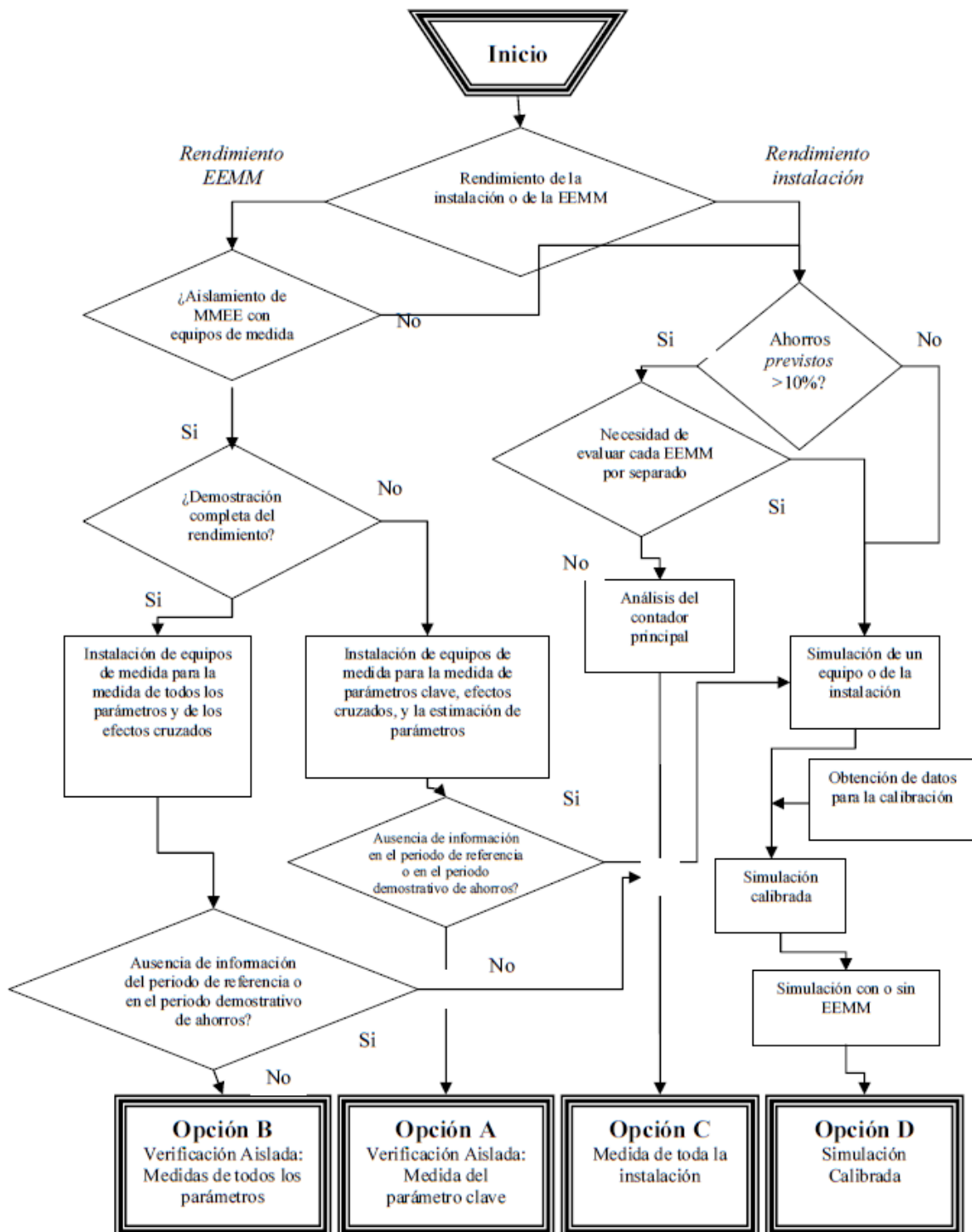
La opción C por el contrario se emplearía en aquellos casos en los que interesa verificar el efecto de las MAE's y por lo tanto los ahorros en toda la instalación.

Finalmente la opción D podría emplearse para verificar el impacto de la medida de mejora en toda o parte de la instalación.

No existe una regla estricta que conduzca a la Opción más adecuada, pero existen ciertas recomendaciones en función de determinadas características del proyecto que pueden ayudar a decantarse por unas o descartar otras.

Características del proyecto de implantación de las medidas de eficiencia	Opciones recomendadas			
	A	B	C	D
Hay que evaluar cada una de las medidas de eficiencia de forma independiente	X	X		X
Sólo se necesita evaluar el rendimiento de toda la instalación			X	X
El ahorro energético está por debajo del 10% respecto del consumo del equipo de medida de la empresa de suministro.	X	X		X
Hay varias medidas de eficiencia implementadas	X		X	X
No está claro cuál es el significado de algunas variables que influyen sobre la energía.		X	X	X
Los efectos cruzados de las medidas de eficiencia son significativos y no se pueden medir			X	X
Se esperan muchos cambios dentro del límite de medida.	X			X
Hay que evaluar el rendimiento en un periodo de tiempo largo.	X		X	
No se disponen de datos de referencia				X
Hay que preparar los informes para que sean entendidos por personas que no tiene formación técnica.	X	X	X	
Habilidades sobre medida.	X	X		
Habilidades sobre simulación por ordenador.				X
Se posee experiencia en la lectura de las facturas de la empresa de suministro y en realizar análisis de regresión.			X	

Cada una de las Opciones, de cualquier modo, tiene sus ventajas e inconvenientes que serán los que finalmente hagan decantarse por una Opción u otra.



1.2.5 Plan de Medida y Verificación

Como se ha indicado, para la aplicación del IPMVP es necesaria la elaboración de un Plan de Medida y Verificación, que será específico y exclusivo para cada actuación. El Plan de Medida y Verificación consta de los siguientes puntos.

1. Objetivo de la MAE
2. Opción del IPMVP seleccionada y límite de medida
3. Referencia: periodo, energía y condiciones

4. Periodo demostrativo de ahorro
5. Base para el ajuste
6. Procedimiento de análisis
7. Precios de la energía
8. Especificaciones de la medida
9. Responsabilidad de monitorización
10. Precisión esperada
11. Presupuesto
12. Formato de los informes demostrativos de ahorro
13. Garantía de calidad

1.2.6 Informes demostrativos de ahorros

Éstos serán elaborados de acuerdo con lo establecido en el Plan de Medida y Verificación. Un informe demostrativo de ahorros al menos debe contemplar los siguientes aspectos.

- Los datos observados durante el periodo demostrativo de ahorro: el momento inicial y final del periodo de medida, los datos de energía y los valores de las variables independientes.
- Una descripción y justificación de las correcciones que se han realizado en los datos observados
- En el caso de la Opción A, los valores estimados que se acordaron.
- Todos los detalles de cualquier ajuste no rutinario del periodo de referencia que se ha realizado. Se debe incluir una explicación del cambio de las condiciones desde el periodo de referencia, todos los hechos, supuestos y cálculos de ingeniería que llevan al ajuste.
- El ahorro calculado en unidades de energía y en unidades monetarias.

1.2.7 Otros aspectos de la medida y la verificación

Otros aspectos que es importante reseñar y tener en cuenta a la hora de aplicar el protocolo son los siguientes:

- **Determinación de los precios de la energía.** Los precios de la energía son variables, con lo que en la mayor parte de los casos será necesario realizar ajustes. Éstos deberán tener en cuenta todos los componentes del precio y el modo en que son facturados para que los ajustes sean correctos.
- **Necesidad de ajustes no rutinarios.** A lo largo de la vida útil de la MAE pueden darse diversos cambios que le afecten directa o indirectamente. Cuando ocurren estos cambios, es necesario introducir ajustes no rutinarios al modelo. Para poder realizar estos ajustes de manera fiable, debe documentarse la mayor cantidad de información posible sobre el estado y funcionamiento original de la instalación en el Plan de Medida y Verificación.
- **Incertidumbre (precisión).** Existen diversos factores que hacen que los resultados obtenidos tengan un cierto grado de incertidumbre o falta de precisión. Así aparecerán errores provenientes de la instrumentación empleada, de la modelización, del muestreo, debidos a efectos cruzados, por estimaciones, etc. La precisión puede incrementarse pero conlleva un incremento en los costes

de medida y verificación. Por ello debe acordarse con el cliente un punto de equilibrio que sea satisfactorio para ambas partes.

- **Coste.** A su vez, el coste de medida y verificación debe ser coherente con el ahorro obtenido con la implantación de las MAEs. Este coste dependerá de diversos factores y debe ser un criterio muy a tener en cuenta en el diseño del Plan de Medida y Verificación.
- **Verificadores independientes.** En ocasiones, el cliente puede necesitar un verificador independiente para contrastar los informes demostrativos de ahorro. Esto debe ser tenido en cuenta a la hora de elaborar los informes ya que deben poder ser perfectamente contrastables.
- **Cuestiones sobre la medida.** Finalmente, la aplicación del protocolo requerirá la realización de mediciones. Es crucial para la consecución de unos buenos resultados que las mediciones realizadas se realicen correctamente. Ello implica la utilización de equipos adecuados en lugares adecuados y una correcta documentación.

1.3 Caso práctico

En el documento IPMVP se incluye un anexo con diversos ejemplos de situaciones en las que ha sido aplicado con éxito el IPMVP. A continuación se reproduce el ejemplo A-6, que sería un clásico ejemplo de una sustitución de una caldera, verificado con la Opción A del protocolo.

Situación: Un proveedor de calderas reemplazó una caldera en un edificio de oficinas por otra más eficiente. El proveedor garantizó un ahorro anual mínimo de combustible de 25.000 euros, suponiendo que la carga soportada por la caldera fuera la misma que la que se midió durante el periodo de referencia. En la solicitud de compra el propietario especificaba que las cantidades retenidas sólo se abonarían después de que el proveedor presentara un informe de ahorro según el IPMVP Volumen I, EVO 10000 – 1:2010. También se especificaba que el propietario y el proveedor acordarían un Plan de M&V como parte del plan final de diseño de la medida de eficiencia energética.

Factores que influyen en el diseño de M&V: En el momento de la revisión de la caldera se estaban realizando muchos cambios en el edificio, de tal forma que se esperaban variaciones de la carga en la caldera. El proveedor sólo se iba a encargar de la mejora de eficiencia de la caldera, no de las variaciones de la carga de la caldera. La caldera es el único equipo del edificio que utiliza combustible. El precio del combustible utilizado para comprobar que se había conseguido el rendimiento garantizado fue de 0,70 €/litro.

Plan de Medida y Verificación: Se eligió la Opción A del IPMVP Volumen I, EVO 10000 – 1:2010 para aislar la caldera de los cambios que se estaban realizando en el resto del edificio. El límite de medida sólo abarcaba la caldera, y medía el consumo del combustible y la energía térmica neta suministrada al edificio. Este límite excluía el consumo eléctrico del quemador y del soplador de la caldera. Se consideró que los cambios producidos por los efectos cruzados eléctricos eran insignificantes y que no merecía la pena ser incluidos en el límite de medida ni ser estimados.

La garantía del proveedor se consideró relacionada con el consumo del año anterior a la presentación de su propuesta. Durante ese periodo, la instalación compró 241.300 litros de combustible para la caldera. Se produjo un incremento de 2.100 litros en las existencias de combustible, entre el inicio y el final de ese año. Así pues, el consumo real había sido de 239.200 litros. La carga de energía de la caldera se determinará respecto estos datos de consumo de combustible, una vez que quede establecida cuál es la eficiencia de la caldera antigua. Se utilizará la ecuación 1d) del IPMVP con 239.200 litros como valor estimado. Esta estimación no contiene ningún error, ya que la mayor parte de ella³¹ procede de los datos de suministro de combustible, que es la fuente de referencia sin error.

La eficiencia de la caldera será el parámetro medido en la ecuación 1d). Los test de eficiencia se planificaron para realizarse bajo las condiciones de un invierno típico antes de la retirada de la caldera antigua. Se eligieron unas condiciones invernales de forma que hubiese demanda suficiente para evaluar la eficiencia bajo un rango suficiente amplio de funcionamiento de la caldera. El proveedor instaló un equipo de medida de energía térmica recién calibrado en la entrada y salida de agua de la caldera, además de un equipo de medida de combustible calibrado. El equipo de medida de combustible, el equipo de medida de energía térmica y el registrador de datos tienen una precisión del $\pm 2\%$ de precisión según sus fabricantes para los intervalos implicados en este proyecto.

Se realizaron las pruebas de referencia durante tres periodos distintos de una semana de duración cuando la medida de la temperatura ambiente diaria estaba entre $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se planificaron unas pruebas idénticas para el primer periodo tras la inspección de puesta en servicio de la nueva caldera cuando la temperatura ambiente se encontraba de nuevo en el intervalo de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, empleando para ello los mismos equipos de medida de combustible y energía térmica que estaban instalados desde las pruebas del periodo de referencia. Puesto que las tres pruebas individuales de una semana incluían periodos que representaban diversas cargas de la caldera, desde las más bajas hasta las más elevadas, se acordó que los resultados de las pruebas representarían de forma adecuada la mejora anual que el propietario podía esperar.

El personal de mantenimiento realizará las lecturas de los equipos de medida de combustible y de energía térmica cada día en los meses de invierno hasta que se hayan obtenido tres semanas válidas para las pruebas de la caldera antigua. Con la caldera nueva se seguirá el mismo proceso. Las lecturas se registrarán en la sala de la caldera, la cual estará abierta para realizar una inspección en cualquier momento. El sistema de automatización del edificio mide y registra la temperatura ambiente para las semanas válidas.

El propietario aceptó un contrato adicional de 5.100 € por el suministro, la instalación y la inspección de puesta en servicio de los equipos de medida del combustible y de energía térmica, y para calcular y elaborar un informe sobre el ahorro conseguido. Se consideró necesario realizar una demostración del rendimiento durante un año completo. Sin embargo, el contratista señaló que los costes adicionales de calibración de los equipos de medida y análisis de datos añadirían 3.000 € al precio. El propietario decidió que sería suficiente un periodo de prueba más corto, con una representación de

tres semanas. El propietario decidió también asumir el mantenimiento y calibración de los equipos de medida de combustible y de energía térmica al finalizar el contrato y realizar cada año sus cálculos de eficiencia de la caldera.

Resultados: Se recopilaron datos de referencia sobre combustible y energía térmica de forma continua durante un periodo de cinco semanas, hasta que se encontraron tres cuyo valor medio diario de temperatura ambiente caía dentro del intervalo especificado de -5 °C a +5 °C. El resultado de dividir la energía térmica neta conseguida entre el combustible consumido era que el valor promedio de las lecturas de eficiencia para la caldera antigua era de 65,2% durante los tres periodos de una semana.

Después de la instalación e inspección de puesta en marcha de la caldera, resultó que las tres semanas del periodo demostrativo de ahorro tenían de nuevo una temperatura ambiente media entre -5 °C y +5 °C. Los resultados de las pruebas de eficiencia de la caldera arrojaron un valor promedio de 80,6%.

No se produjeron otros cambios en la planta de la caldera entre las pruebas del periodo de referencia y las del periodo demostrativo de ahorro. Por tanto, no fue necesario realizar ningún ajustes no-rutinarios.

Con la ecuación 1d) del IPMVP, el ahorro anual con 239.200 litros como consumo de combustible anual estimado respecto al periodo de referencia es:

$$\text{Ahorro de combustible} = 239.200 \text{ litros} \cdot (1 - 0,652 / 0,806) = 45.700 \text{ litros}$$

$$\text{El valor del ahorro es de } 0,70\text{€} \cdot 45.700 = 31.900 \text{ €}.$$

Esta estimación de ahorro anual a partir de una breve prueba de duración confirmaba que el proveedor había conseguido el rendimiento que había garantizado.