



Agencia de
Sostenibilidad Energética



GUI- CAPE- 01

GUÍA DE ESTUDIO PARA EVALUADORES CAPE

CERTIFICACIÓN DE AHORROS DE PROYECTOS ENERGÉTICOS



Agencia de Sostenibilidad Energética

La Agencia Chilena de Eficiencia Energética, también conocida como **Agencia de Sostenibilidad Energética**, en adelante **Agencia**, es una fundación de derecho privado. Corresponde a un organismo autónomo, técnico y ejecutor de políticas públicas en torno a la eficiencia energética.

Dentro de su marco de acción, la Agencia tiene como misión promover, fortalecer y consolidar el uso eficiente de la energía, articulando e implementando, tanto a nivel nacional como internacional, iniciativas público privadas en los distintos sectores de consumo energético, contribuyendo al desarrollo sustentable del país. De lo anterior, se desprende la **Certificación de Ahorros de Proyectos Energéticos (CAPE)**, la cual corresponde a un mecanismo estándar que certifica y facilita el reporte de información de los resultados energéticos obtenidos tras la implementación de un proyecto energético.



Agencia de
Sostenibilidad Energética

© **Agencia Chilena de Eficiencia Energética**
Subsecretaría de Energía

Guía de Estudio para Evaluadores CAPE - Certificación de Ahorros de Proyectos Energéticos
Primera Edición: Enero de 2018
Segunda Edición: Mayo de 2018
Tercera Edición: Enero 2019

La “Guía de Estudios para Evaluadores CAPE - Certificación de Ahorros de Proyectos Energéticos”, es un documento desarrollado por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética en el marco de la iniciativa “Certificación de Ahorros de Proyectos Energéticos”, financiada por el Ministerio de Energía de Chile y la iniciativa “Sistema de Certificación de Ahorros de Proyectos Energéticos”, código 17BPE2-75653, apoyada por CORFO.

Autores del texto:

Krystian Muñoz Feucht, Agencia Chilena de Eficiencia Energética
Benjamín Rodríguez Wilstermann, Agencia Chilena de Eficiencia Energética

Revisión y edición:

Álvaro Soto Godoy, Agencia Chilena de Eficiencia Energética

Diseño gráfico:

Víctor Vinagre, Agencia Chilena de Eficiencia Energética

Derechos reservados
Prohibida su reproducción



ANESCO CHILE A.G.

Proyecto apoyado por



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	06
OBJETIVO	07
PARTE 1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA GUÍA DE ESTUDIO	08
1 ¿Qué es la CAPE?	09
2 Actores involucrados en la CAPE	09
3 Proceso general de la acreditación de Evaluadores CAPE	10
4 Módulos de Capacitación	11
5 Módulo de Evaluación	11
6 Competencias y habilidades requeridas	11
7 Perfil del Evaluador CAPE	12
8 Documentos complementarios	13
PARTE 2. MÓDULO A: MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN	14
9 ¿Qué es la Medición y Verificación?	15
9.1 Objetivos y alcances de la Medición y Verificación	15
9.2 Beneficios de la Medición y Verificación	15
9.3 Principios de la Medición y Verificación	16
9.4 Protocolos de Medición y Verificación	17
9.5 Cómo se relaciona la Medición y Verificación con la CAPE	19
10 ¿Cómo se determinan los ahorros energéticos?	19
10.1 Definición del ahorro energético	19
10.2 Límite de Medición	20
10.3 Periodo de Referencia y Periodo Demostrativo de Ahorros	21
10.4 Ajustes	22
11 Opciones de Medición y Verificación	22
12 Consideraciones estadísticas	23
12.1 Modelo predictivo	24
12.2 Determinación del tamaño de muestra	26
13 Equipos de medición	27
14 Plan de Medición y Verificación	29
15 Informes Demostrativos de Ahorro	30
16 Preguntas tipo Módulo A	31
PARTE 3. MÓDULO B - MECANISMO DE OPERACIÓN DE LA CAPE	32
17 Descripción de documentos complementarios	33
18 Herramienta de Evaluación	37
18.1 Objetivo de la Herramienta de Evaluación	37
18.2 Descripción de la Herramienta de Evaluación	37
19 Preguntas tipo Módulo B	38
ANEXOS	
ANEXO I: REFERENCIAS	37
ANEXO II: DEFINICIONES	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Documentos reconocidos en la CAPE	13
Tabla 2. Protocolos internacionales para la determinación de ahorros energéticos	17
Tabla 3. Valor del estadístico t para distintos niveles de confianza	26
Tabla 4. Principales tipos de medidores	28
Tabla 5. Descriptivo del documento Manual de Implementación	33
Tabla 6. Descriptivo del documento Reglamento de Certificación	34
Tabla 7. Descriptivo del documento Manual de Herramienta de Evaluación	35
Tabla 8. Descriptivo del documento Reglamento de Fiscalización de Proyectos	36
Tabla 9. Descriptivo del documento Reglamento de Acreditación de Evaluadores CAPE	36

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

Figura 1. Proceso general acreditación Evaluador CAPE	10
Figura 2. Cálculo de ahorros energéticos considerando ajustes por cambio en niveles de producción	19
Figura 3. Ejemplo de Límite de Medición	20
Figura 4. Consideraciones para definir el Periodo de Referencia	21
Figura 5. Opciones de Medición y Verificación propuestas por el IPMVP	23
Figura 6. Contenidos a incluir en un Plan de Medición y Verificación según el IPMVP	29
Figura 7. Contenidos mínimos de los Informes Demostrativos de Ahorros según el IPMVP	30



Introducción

La **Certificación de Ahorros de Proyectos Energéticos (CAPE)** tiene como objetivo establecer un mecanismo estándar que permita el reporte de los resultados de la medición y verificación de proyectos en el ámbito energético, facilitando a los usuarios finales de energía a certificar los resultados de los proyectos energéticos implementados en sus instalaciones. Actualmente, dicho mecanismo es administrado por la **Agencia de Sostenibilidad Energética (Agencia)**, la que actúa como **Entidad Administradora**.

Adicionalmente, la **CAPE** cuenta con un registro de **Evaluadores CAPE**: profesionales encargados de ejecutar la evaluación de la certificación, quienes además de contar con los conocimientos en el ámbito de la medición y verificación de proyectos energéticos, cuentan con los conocimientos necesarios para la implementación del mecanismo de certificación.

Para el desarrollo de lo anterior, el presente documento se divide en tres partes. Cada sección muestra una estructura diferenciada por tópicos del sistema de certificación, presentando los siguientes contenidos:

PARTE 1

ANTECEDENTES GENERALES DE LA GUÍA DE ESTUDIO

En esta sección se describen los aspectos de la acreditación de la certificación CAPE y cómo se relacionan con la presente guía de estudio.

PARTE 2

MÓDULO A: MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN

En este apartado, se describe el contenido del Módulo A que se desarrolla en la primera jornada de capacitación y se revisan los conceptos básicos de la Medición y Verificación de proyectos energéticos.

PARTE 3

MÓDULO B: MECANISMO DE OPERACIÓN DE LA CAPE

Esta sección entrega una descripción general y los contenidos de los documentos reglamentarios y complementarios asociados a la CAPE.

También cabe señalar que, para facilitar la lectura, el documento cuenta adicionalmente con dos anexos, a saber: "Anexo I: Referencias" y un "Anexo II: Definiciones".

La disponibilidad y accesibilidad, así como la actualización y publicación de futuras versiones, correcciones y adendas de este documento, será responsabilidad de la **Entidad Administradora** del mecanismo **CAPE**.

Objetivo

El objetivo del mecanismo **CAPE** es medir, evaluar, revisar y certificar los ahorros de energía conseguidos tras la implementación de medidas de mejora en proyectos energéticos. Para ello, el sistema de certificación establece sus propias normas, procedimientos y medios de operación, buscando asegurar la imparcialidad, transparencia, trazabilidad, eficacia y calidad en su ejecución. A su vez, el instrumento es operado a través de tres actores principales: **Entidad Administradora**, **Evaluador CAPE** y **Cliente**. Cada rol y sus obligaciones son definidos en el documento "Manual de Implementación" (MAN-CAPE-01).

El alcance de la presente Guía de Estudio se ciñe al proceso completo de Acreditación de **Evaluadores CAPE**, el cual considera aspectos de la certificación tanto administrativos, como técnicos que deben dominar los postulantes para poder optar a la acreditación, la que será finalmente aprobada y otorgada por la **Entidad Administradora** del mecanismo **CAPE**.



PARTE 1

Antecedentes Generales de la Guía de Estudio

- | | |
|--|----|
| 1. ¿Qué es la CAPE? | 09 |
| 2. Actores involucrados en la CAPE | 09 |
| 3. Proceso general de la acreditación
de Evaluadores CAPE | 10 |
| 4. Jornadas de Capacitación | 11 |
| 5. Jornada de Evaluación | 11 |
| 6. Competencias y habilidades requeridas | 11 |
| 7. Perfil del Evaluador CAPE | 12 |
| 8. Documentos complementarios | 13 |

1. ¿Qué es la CAPE?

La sigla **CAPE** se define como Certificación de Ahorros de Proyectos Energéticos, que tal y como lo describe su nombre, es un mecanismo para la certificación de ahorros energéticos generados en un periodo de tiempo específico, como consecuencia de la implementación de un proyecto energético.

La Certificación está diseñada para que empresas, instituciones, organismos o similares, que cuenten con proyectos energéticos en sus instalaciones, puedan validar mediante una metodología estandarizada, las reducciones de consumo reales como consecuencia de su implementación. Estos ahorros se determinarán en un periodo de tiempo de operación establecido y deberán contar con información real y verificable de consumos energéticos.

El sistema **CAPE** se compone de tres etapas para la obtención de la Certificación, dos de ellas obligatorias, y una tercera que es optativa:

- **Pre-Certificación:** primera etapa obligatoria en la cual se determina la viabilidad del cálculo de ahorro energético posterior, en otras palabras, se realiza una revisión administrativa y técnica de la metodología planteada para la determinación de los ahorros energéticos del proyecto en particular.
- **Certificación:** segunda etapa obligatoria que corresponde a la evaluación definitiva y validada de los ahorros energéticos generados a partir de la implementación de la metodología presentada y aprobada en la etapa de Pre-Certificación. El proceso evaluará y certificará los ahorros obtenidos durante 12 meses continuos de operación.
- **Extensión de la Certificación:** etapa optativa en la cual se puede extender el periodo de la certificación de ahorros obtenidos por 12 meses adicionales al periodo certificado anteriormente. La extensión de la certificación de ahorros se puede realizar tantas veces como sea solicitado, siempre y cuando no exceda la vida útil declarada del proyecto y la metodología aprobada en la etapa de Pre-Certificación siga siendo válida.

Para mayor detalle de las etapas, procesos y actividades asociadas a la **CAPE**, se debe consultar los documentos asociados a la Certificación, indicados en la Parte 3 de la presente guía de estudio.

2. Actores involucrados en la CAPE

A continuación, se definen los actores que participan en el proceso de la **CAPE**, definiendo el rol ejercido por cada uno, sus obligaciones inherentes y las relaciones entre ellos.

- **Entidad Administradora:** ente encargado de administrar el mecanismo **CAPE**, asegurando la correcta gestión de las distintas actividades relacionadas con la implementación, operación, difusión, promoción, desarrollo y actualización de la **CAPE**. Es quien revisa las evaluaciones y emite los Certificados de Ahorros de Energía Anual, mantiene el registro de **Evaluadores CAPE** actualizado, supervigila y fiscaliza el proceso completo. Este rol será ejercido por la Agencia de Sostenibilidad Energética (Agencia).

- **Evaluador CAPE:** persona natural acreditada por la **Entidad Administradora** del mecanismo **CAPE**, sea trabajador dependiente o independiente. Es el encargado de evaluar y verificar que la información declarada por el **Cliente** sea verídica, en base a los mecanismos y reglamentos propios de la Certificación. También es el responsable de enviar la información evaluada de las diferentes etapas, para que sea revisada por parte de la **Entidad Administradora**.

Con respecto al **Cliente**, el **Evaluador CAPE** es el encargado de entregar asesoramiento, tanto técnico como administrativo, de los procesos involucrados en las diferentes etapas de la Certificación. De igual forma, es el principal intermediario entre el **Cliente** y la **Entidad Administradora**.

- **Cliente:** persona jurídica que solicita a la **Entidad Administradora** certificar los ahorros de un proyecto energético en particular. Para lo anterior, el **Cliente** deberá contactar, acordar e informar con qué **Evaluador CAPE** realizará el proceso de Certificación, de manera previa a la solicitud de la Pre-Certificación.

El **Cliente** es responsable de suministrar la información necesaria al **Evaluador CAPE** para evaluar el proyecto y realizar las correcciones que correspondan. Dicha información deberá ser real, fidedigna y verificable. Adicionalmente, deberá tener en consideración los costos asociados a las etapas de Pre-Certificación, Certificación y Extensión de la Certificación, relacionados tanto a la contratación del **Evaluador CAPE**, como el pago de los aranceles solicitados por la **Entidad Administradora**. Estos últimos se encontrarán actualizados en la página web de la certificación.

3. Proceso general de la acreditación de Evaluadores CAPE

El proceso de acreditación de **Evaluadores CAPE** se iniciará siempre con el llamado a postulación mediante una convocatoria realizada por la **Entidad Administradora**. Esta convocatoria se realizará a través del sitio web del mecanismo **CAPE** y/u otros medios que la **Entidad Administradora** disponga para tal efecto. Cada llamado a postulación indicará como mínimo: formulario de postulación, perfil del postulante, requisitos mínimos de postulación, fechas relacionadas al proceso, modalidad bajo la cual se realizarán las jornadas de capacitación y evaluación, aranceles asociados y la cantidad máxima de cupos disponibles para dicha convocatoria.

Los postulantes interesados en ser **Evaluadores CAPE** acreditados, y que participen en el proceso de postulación, deberán cumplir tanto con los requisitos mínimos indicados en el apartado “1.4 Requisitos mínimos para postular a la acreditación de **Evaluadores CAPE**” del Reglamento de Acreditación de Evaluadores CAPE (REG-CAPE-03), como también con los requisitos administrativos solicitados en la convocatoria correspondiente.

Los postulantes aceptados a participar de la convocatoria al proceso de acreditación de Evaluadores CAPE serán notificados mediante un correo electrónico. Posterior a ello, deberán realizar la confirmación de su participación, realizando el pago del arancel asociado y enviando el comprobante correspondiente al mismo correo electrónico por el cual fue notificado de la aceptación.

Los postulantes aceptados y confirmados deberán participar de jornadas de capacitación y evaluación. Los antecedentes generales de dichas jornadas serán indicados en el llamado a postulación. El detalle específico de las jornadas de capacitación y evaluación serán enviados por la **Entidad Administradora**, a los postulantes seleccionados, al correo electrónico indicado por éstos

en el formulario de postulación llenado durante el proceso de postulación.

La jornada de capacitación considera dos módulos: un módulo centrado en conocimientos de nivelación en temas de Medición y Verificación y, por otra parte, un módulo centrado en los aspectos técnicos y administrativos que considera la **CAPE**.

Los contenidos revisados en ambas jornadas son evaluados en la tercera jornada de evaluación, donde los postulantes rinden un examen que a su vez tiene dos secciones, cada una de 60 minutos de duración. En la primera se evalúan los conocimientos relativos a la Medición y Verificación, mientras que en la segunda parte se evalúan los conocimientos relativos al funcionamiento técnico y administrativo de la **CAPE**.

Los postulantes que aprueben el examen obtendrán la “Credencial de Acreditación de **Evaluador CAPE**”, emitida por la **Entidad Administradora**. Este documento contendrá información relativa al profesional acreditado y a la vigencia de la acreditación. De manera adicional el **Evaluador CAPE** será incorporado al Registro de **Evaluadores CAPE**.

De manera posterior, una vez cumplida la vigencia de la Credencial de Acreditación, será posible acceder a un proceso de Re-Acreditación, con la finalidad de darle continuidad al trabajo realizado por el **Evaluador CAPE**.

En la Figura 1 se muestra el proceso general de la acreditación de **Evaluadores CAPE**.

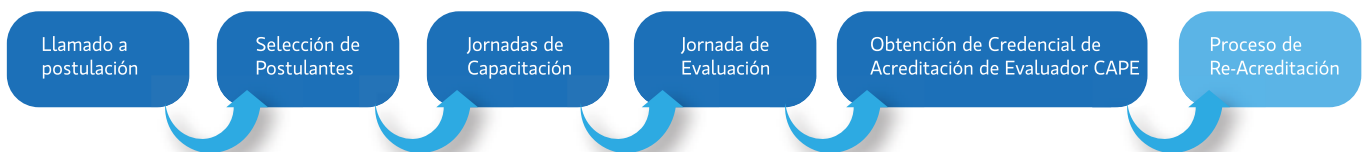


Figura 1. Proceso general acreditación Evaluador CAPE.

4. Módulos de Capacitación

Los módulos de capacitación forman parte de los requisitos señalados en el Reglamento de Acreditación de Evaluadores CAPE, y su desarrollo contempla un programa de capacitación que consta de dos módulos cada uno independiente entre sí, donde se abordan aspectos específicos de la certificación. Los módulos se detallan a continuación:

- **Módulo A:** Sobre Medición y Verificación de Ahorros de Proyectos Energéticos.
- **Módulo B:** Sobre el mecanismo de operación de la CAPE.

Un requisito excluyente para poder acceder a la Acreditación de Evaluador CAPE, es contar con una asistencia del 100% con respecto a cada uno de los módulos de capacitación. Solamente se podrán eximir de asistir al módulo A, los postulantes que cuenten con la certificación CMVP (Certified Measurement & Verification Professional) vigente. Sin embargo, deberán cumplir con el 100% de asistencia al módulo B. Los postulantes que no cumplan con la asistencia a los módulos de capacitación que le correspondan no podrán realizar el módulo de evaluación, y por lo tanto no podrán acreditarse. La acreditación se realizará bajo la modalidad y en los horarios determinados por la Entidad Administradora, los cuales serán indicados en el llamado a postulación correspondiente y en la página web.

5. Módulo de Evaluación

De manera posterior a los módulos de capacitación, solo los postulantes que hayan cumplido el criterio de asistencia a dichos módulos podrán realizar el módulo de evaluación que corresponde a un examen que constará de dos secciones, con preguntas referentes al módulo A y al módulo B. El examen será tipo test con cinco opciones a elegir por pregunta, componiéndose por 60 preguntas: 30 sobre temáticas de M&V (módulo A) y 30 preguntas referentes al proceso de la CAPE (módulo B). El tiempo total disponible para contestar el examen es de 2 horas.

En relación a la puntuación, las respuestas incorrectas no restarán puntos. Los exámenes no podrán ser publicados ni sacados de las salas donde se realicen las pruebas. Está prohibida la copia de

preguntas para uso propio o publicación de éstas. No se publicará el listado de respuestas correctas y no se permitirá revisión de examen por parte de los postulantes.

6. Competencias y habilidades requeridas

Se espera que el candidato a Evaluador CAPE posea algunos conocimientos básicos, ya que éstos se asumen como conocidos tanto en las jornadas de capacitación, como en los contenidos presentados en la Guía de Estudio. El conjunto de competencias consideradas como perfil de ingreso son las siguientes:

- **Comprensión de los principios de funcionamiento de máquinas térmicas y eléctricas:** El candidato a Evaluador CAPE conoce y comprende principios físicos de funcionamiento de los equipos térmicos y eléctricos tales como principios mecánicos, termodinámicos, balances de energía, electromecánica y, en general, las variables relacionadas con el consumo de energía, pudiendo validar cálculos relacionados con el rendimiento energético de los mismos, incluyendo procesos de calentamiento y refrigeración, rendimientos de sistemas de generación y distribución de torque, calor y electricidad.
- **Entender y aplicar la evaluación técnica y económica de soluciones de Eficiencia Energética existentes en el mercado:** Quien postula a ser Evaluador CAPE conoce las soluciones más comunes para problemas y oportunidades de eficiencia energética. Es capaz de evaluar su factibilidad técnica y económica, así como también puede evaluar el impacto de cada solución en el consumo de energía.
- **Conocimiento y comprensión de los principios básicos del análisis estadístico:** El candidato a Evaluador CAPE debe conocer y comprender los principios básicos de análisis estadístico de datos, esto para realizar el análisis de información de consumos de energía y variables relevantes que puedan explicar el comportamiento de un sistema.
- **Comprensión de los principios básicos del Medición y Verificación:** El candidato a Evaluador CAPE debe conocer y comprender las prácticas más comunes relacionadas con la planificación, el cálculo y el reporte de ahorros de proyectos energéticos implementados en las instalaciones del usuario final.

7. Perfil del Evaluador CAPE

La CAPE tiene como misión el velar por que aquellos profesionales que obtengan la acreditación de **Evaluadores CAPE** posean una serie de competencias que les permiten evaluar y verificar que la información declarada por el **Ciente** sea verídica y en concordancia con los mecanismos y reglamentos propios de la Certificación, a saber:

- **Conocimiento del funcionamiento de la Certificación:** Se busca que el **Evaluador CAPE** conozca los aspectos técnicos y administrativos de la CAPE, pudiendo además aplicarlos en la Herramienta de Evaluación de la certificación. Lo anterior, con el objetivo de que el **Ciente** sea correctamente guiado en todo el proceso de certificación, sin trámites redundantes ni innecesarios, y que la **Entidad Administradora** pueda aprobar en plazos apropiados los proyectos que satisfacen los requisitos para postular. Es imprescindible que el **Evaluador CAPE** conozca bien el mecanismo CAPE y pueda orientar al **Ciente** en todas las etapas del proceso.
- **Análisis de información relativa a los consumos de energía de un sistema:** El Evaluador CAPE será capaz de analizar la información recopilada sobre demanda, consumo y uso de energía de un sistema en base a facturas de compras de energéticos, lectura de medidores, revisión literaria, entrevistas con trabajadores, etc., que se incluye en un proyecto que ingresa a la CAPE.
- **Caracterización de consumos energéticos de un sistema sobre la base de información levantada:** el Evaluador CAPE validará que la sistematización de la información presentada por el **Ciente** sobre la demanda, consumo y uso de la energía de proyectos energéticos cumple con los estándares CAPE, evaluando datos de distribución de costos, compras de energéticos y consumos de energía, datos de tendencias históricas, diagramas de flujo, entre otras.



8. Documentos complementarios

En cuanto a los documentos complementarios que se entregan junto con la Guía de Estudio para **Evaluadores CAPE** y que deben ser revisados por el estudiante de manera obligatoria, ya que sus contenidos son considerados dentro de las materias a evaluar en el examen de la certificación, se listan los siguientes.

Tabla 1. Documentos reconocidos en la CAPE

Nombre Documento	Descripción	Código Documento
Manual de Implementación	Principal documento que entrega la información general de la CAPE.	MAN-CAPE-01
Reglamento de la Certificación	Documento reglamentario que indica tanto los procedimientos como actividades asociadas a las etapas y actividades de ejecución de la CAPE.	REG-CAPE-01
Manual de Herramienta de Evaluación	Documento técnico que indica en detalle cómo utilizar correctamente la Herramienta de Evaluación de la CAPE.	MAN-CAPE-02
Manual de Normas Gráficas	Documento técnico que indica la manera correcta de hacer uso de la marca de la CAPE.	MAN-CAPE-03
Reglamento de Fiscalización de Proyectos	Documento reglamentario que indica tanto los procedimientos de fiscalización como las eventuales infracciones y sanciones.	REG-CAPE-02
Reglamento de Acreditación de Evaluadores CAPE	Documento reglamentario que indica tanto los procedimientos como actividades asociadas a la obtención de la acreditación de Evaluador CAPE y cómo pertenecer al Registro de Evaluadores CAPE.	REG-CAPE-03

Un detalle más extenso de estos documentos se presenta en la Parte 3 de la presente Guía de Estudio para Evaluadores CAPE.

A nighttime photograph of a cityscape. In the foreground, a large bridge spans across a body of water. In the background, several buildings are illuminated, with lights reflecting on the water. The sky is dark with some clouds, and the overall scene is lit with a mix of blue and yellow lights.

PARTE 2

Módulo A: Medición y Verificación

9. ¿Qué es la Medición y Verificación?	15
10. ¿Cómo se determinan los ahorros energéticos?	19
11. Opciones de Medición y Verificación	22
12. Consideraciones estadísticas	23
13. Equipos de medición	27
14. Plan de Medición y Verificación	29
15. Informes Demostrativos de ahorro	30
16. Preguntas tipo Módulo A	31

9. ¿Qué es la Medición y Verificación?

La Medición y Verificación es el proceso que busca determinar la reducción efectiva del consumo de energía generado por un proyecto energético dentro de una instalación. Lo anterior se realiza mediante la medición y monitoreo, tanto de parámetros energéticos como de otras variables que influyen significativamente en el consumo de energía, además de la aplicación de metodologías de cálculo que permiten determinar los ahorros efectivos de dichos proyectos.

9.1 Objetivos y alcances de la Medición y Verificación

La Medición y Verificación de proyectos energéticos, a través de un Plan de Medición y Verificación, define el procedimiento para la determinación del ahorro energético de forma que sea calculado de manera efectiva y verificable tanto por el Cliente como por cualquier destinatario final de la información. En este sentido, la Medición y Verificación es generalmente utilizada cuando se requiere verificar ahorros energéticos alcanzados, en el marco de:

- Proyectos Privados de Eficiencia Energética.
- Contratos por Desempeño Energético.
- Programas de Gobierno relacionados con la Eficiencia Energética.
- Cualquier iniciativa donde el inversionista del proyecto o tomador de decisión requiere la verificación de los resultados del proyecto para efectos contables o para reportarlos a quien corresponda.

Para determinar el ahorro de un proyecto energético es recomendable definir un Plan de Medición y Verificación, ya que la planificación detallada del proceso ayuda a garantizar la disponibilidad de los datos necesarios para poder determinar los ahorros después de la implementación del mismo. energético. Los contenidos recomendados para un Plan de Medición y Verificación se detallan en la sección 14 del presente documento.

9.2 Beneficios de la Medición y Verificación

Algunos de los beneficios que se pueden obtener al realizar la

Medición y Verificación de los resultados energéticos se mencionan a continuación:

- **Entregar información para la correcta gestión de la operación de los proyectos energéticos implementados:** Determinar el desempeño energético de los proyectos implementados proporciona una valiosa retroalimentación a los Clientes o tomadores de decisión y a los responsables de las instalaciones, sobre el desempeño real de las medidas implementadas en el marco de un proyecto energético, permitiendo realizar acciones que mejoren la gestión operacional de las instalaciones.
- **Validación de los ahorros obtenidos:** Un Plan de Medición y Verificación bien definido e implementado puede ser la base para documentar el desempeño de forma transparente entre las partes y también permite someterlo a una verificación por una tercera parte independiente.
- **Posibilitar la realización de pagos en base a los ahorros validados:** En algunos proyectos, como por ejemplo los realizados mediante Contratos por Desempeño Energético, el ahorro energético medido y verificado es la base para realizar el pago basado en el desempeño del proyecto energético.
- **Generar relaciones de largo plazo entre actores involucrados:** La correcta Medición y Verificación, permite dar transparencia al proceso de determinación de resultados y a los informes de ahorros emitidos, lo que fomenta la relación entre los interesados, y así como también las relaciones de largo plazo y la posibilidad de realizar nuevas iniciativas.
- **Aumentar la confianza para un mejor acceso al financiamiento de proyectos energéticos:** La Medición y Verificación es una herramienta que ayuda a incrementar la credibilidad y confianza de los financistas y promotores de proyectos energéticos, debido a que se trata de un proceso estructurado y robusto, lo que eventualmente podría redundar en un mejor acceso a financiamiento.
- **Mejorar el diseño de las instalaciones en etapas tempranas:** La preparación del Plan de Medición y Verificación, fomenta la comprensión exhaustiva del diseño del proyecto permitiendo, además, incluir costos relacionados como aquellos asociados a las mediciones de parámetros importantes para la determinación de los ahorros energéticos futuros, así como la correcta operación y mantenimiento de las instalaciones.

- **Mejorar la operación y mantenimiento de las instalaciones:** Una buena planificación de Medición y Verificación también ayuda a los responsables a detectar y reducir problemas operativos y de mantenimiento, lo que les permite operar la instalación de forma más eficiente. Asimismo, genera conocimiento para el diseño de proyectos futuros.
- **Gestionar los presupuestos para el consumo energético:** La Medición y Verificación permite a los responsables del proceso evaluar y gestionar el uso de la energía, poder elaborar presupuestos más precisos y explicar las desviaciones producidas en las proyecciones de los consumos energéticos.
- **Generar conciencia en la sociedad de que la gestión de los recursos energéticos es relevante:** Gracias a la Medición y Verificación los proyectos energéticos pueden ser difundidos a la sociedad para que éstos fomenten su credibilidad y sean valorados, tanto en términos energéticos como en términos de reducción de emisiones contaminantes al medioambiente.
- **Determinar la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero de proyectos de mitigación:** Una Medición y Verificación correctamente ejecutada permite determinar la disminución de emisiones de Gases de Efecto Invernadero del proyecto energético evaluado. Lo anterior es fundamental para reportar resultados confiables a iniciativas de sustentabilidad y cambio climático que se desarrollen tanto de manera aislada como en el contexto de algún programa asociado a los compromisos internacionales referidos a estas temáticas.
- **Fomentar nuevas inversiones en proyectos energéticos:** La validación de los proyectos energéticos existentes permite la visualización y difusión de resultados, lo que fomenta las inversiones en nuevos proyectos de mejoramiento energético.

9.3 Principios de la Medición y Verificación

Dependiendo del tipo de proyecto energético, la Medición y Verificación de éste puede ser abordada de diferentes puntos de vista, considerando tanto los recursos disponibles como el objetivo particular del proyecto en cuestión. A pesar de lo anterior todas las alternativas se deben sustentar en los principios fundamentales de la Medición y Verificación de proyectos energéticos que se indican a continuación:

- **Preciso:** La Medición y Verificación debe ser tan precisa como su presupuesto lo permita. En general, se cumple que mientras más precisa es la información recabada, más costos estarán involucrados en su obtención. En este sentido la Medición y Verificación de ahorros energéticos debe considerar un costo racional, tanto para la obtención de la información, como para su análisis. Dicha racionalidad se establece comparando el presupuesto asociado a la Medición y Verificación con los ahorros monetarios obtenidos y la inversión del proyecto energético.
- **Amplio:** La Medición y Verificación debe considerar todos los efectos del proyecto energético, por ejemplo, consumo de energía, condiciones de operación y condiciones ambientales, entre otras.
- **Conservador:** Toda vez que se realicen estimaciones de baja precisión, el diseño de la Medición y Verificación debe considerar una subvaloración del ahorro.
- **Coherente:** El informe que es fruto de la aplicación de una metodología de Medición y Verificación debe ser consistente con:
 - Diferentes tipos de proyectos energéticos.
 - Diferentes profesionales de la gestión de la energía para cualquier proyecto.
 - Diferentes periodos de tiempo para el mismo proyecto.
- **Relevante:** La información recabada apuntará a datos que sean relevantes para el análisis. La información menos relevante podrá ser estimada, buscando mantener el principio de Precisión.
- **Transparente:** El proceso de Medición y Verificación debe ser documentado de manera clara y detallada, con la finalidad de que sea comprendida de manera correcta por las partes involucradas en el proceso.

9.4 Protocolos de Medición y Verificación

Se puede señalar que existen diversos protocolos a nivel mundial que permiten llevar a cabo la Medición y Verificación de proyectos energéticos, como se muestra en la Tabla 2 presentada a continuación.

Tabla 2. Protocolos internacionales para la determinación de ahorros energéticos

Institución	Protocolo - Estándar	Descripción
American Society of Heating, Refrigeration and Air conditioning Engineers (ASHRAE)	Measurement of Energy and Demand Savings Guideline.	Provee lineamientos para medir las reducciones en consumo y demanda energética a partir de proyectos de gestión de energía en edificios.
Efficiency Valuation Organization (EVO)	International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP).	Guía que describe los procedimientos y métodos estadísticos para medir, cuantificar, verificar y reportar la disminución en el uso de la energía en proyectos de eficiencia energética. También se utiliza para proyectos asociados al uso de agua.
Department of Energy, Federal de EEUU - Energy Management Program	Measurement and Verification for Federal Energy Projects.	Provee los lineamientos y métodos para la medición y verificación de energía, agua y ahorros asociados a contratos por desempeño energético en edificios federales (Energy Savings Performance Contract).
California Energy Commission (CEC)	California Energy Efficiency Evaluation Protocols.	Describe e identifica los procesos estándar para cada protocolo de medición utilizados para reportar costos de programas y beneficios asociados.
Club des Services d'Efficacité Energétique (CLUBS2E)	Méthodes de Mesure et de Vérification (M&V).	Establece los métodos a ser implementados como parte integral del sistema de calidad de una empresa de servicios de eficiencia energética, así como también del Sistema de Gestión de la Energía.
The Canadian Standards Association (CSA)	Canadian Industry Program for Energy Conservation (CIPEC).	Promueve la adopción voluntaria de la eficiencia energética, para reducir el consumo energético industrial por unidad de producción, mejorando el desempeño energético de las industrias, aportando así con el objetivo de cambio climático de Canadá.
Organización Internacional para la Estandarización (ISO)	ISO 50001, Energy Management Systems.	Esta norma internacional especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía, con el propósito de permitir a una organización contar con un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso de la energía y su consumo.
Instituto Nacional de Normalización (INN)	NCh-ISO 50001:2011, Sistemas de Gestión de la Energía. Análisis de requisitos e implementación.	El estándar ISO 50001 fue aprobado por el consejo del Instituto Nacional de Normalización (INN) de Chile en septiembre del año 2011. Desde entonces, su utilización como herramienta de mejora continua del desempeño energético ha aumentado considerablemente, especialmente en el sector privado.



Institución	Protocolo - Estándar	Descripción
Organización Internacional para la Estandarización (ISO)	ISO 50015:2014, Energy Management Systems - Measurement and Verification of Energy Performance of Organizations - General Principles and Guidance.	Esta norma establece los principios y directrices generales para el proceso de Medición y Verificación del desempeño energético de una organización o de sus componentes. Esta Norma Internacional puede ser utilizada independientemente, o en combinación con otras normas o protocolos, y se puede aplicar a todos los tipos de energía.
Instituto Nacional de Normalización (INN)	NCh-ISO 50015:2015, Sistemas de Gestión de la Energía - Medición y Verificación del Desempeño Energético de Organizaciones - Principios y Guías Generales.	Es una adopción idéntica de la versión en inglés de la norma internacional ISO 50015:2014.
Organización Internacional para la Estandarización (ISO)	ISO 17743 Definition of a Methodological Framework Application to Calculation and Reporting on Energy Savings.	Establece las intenciones y metodologías generales de cuantificación de ahorros energéticos desarrolladas en las ISO 17742, 17747, 17741.
Organización Internacional para la Estandarización (ISO)	ISO 17741 General Technical Rules for Measurement, Calculation and Verification of Energy Savings of Projects.	Esta norma puede ser utilizada por cualquier interesado a fin de aplicar la Medición y Verificación para la notificación de los resultados de ahorro de energía de proyectos.
Organización Internacional para la Estandarización (ISO)	ISO 17742 Energy Efficiency and Savings in for Countries, Regions or Cities.	Establece los principios, metodologías, conceptos claves de la medición y verificación de resultados de proyectos de eficiencia energética en países, regiones o ciudades.
Organización Internacional para la Estandarización (ISO)	ISO 17747 Determination of Energy Savings in Organizations.	Establece los principios, metodologías, y conceptos claves de la medición y verificación de resultados de proyectos de eficiencia energética en organizaciones y empresas.

De todos los protocolos disponibles, el "Protocolo Internacional de Medida y Verificación, "Conceptos y Opciones para Determinar el Ahorro de Energía y Agua, Volumen 1", EVO 10000 – 1:2010 (Es)" (IPMVP por sus siglas en inglés), se destaca por tener un enfoque general e integral para abordar diversos proyectos vinculados al uso eficiente de los recursos energéticos.

9.5 Cómo se relaciona la Medición y Verificación con la CAPE

Debido a que el principal objetivo de la CAPE es medir, evaluar, revisar y certificar de manera estandarizada los ahorros de energía obtenidos, como consecuencia de implementar un proyecto energético, es necesario que dicho proceso considere como base un protocolo validado por el mercado. Es por esto que, en gran medida, la CAPE toma como referencia los conceptos de Medición y Verificación presentados en el IPMVP. De igual manera, es necesario destacar que dicho protocolo entrega principalmente los lineamientos básicos, conceptos generales y la nomenclatura para la correcta determinación de ahorros energéticos, pero es la CAPE la que genera un mecanismo de levantamiento de información y reporte de resultados concreto para poder certificar los ahorros reales obtenidos.

10. ¿Cómo se determinan los ahorros energéticos?

A continuación se describe la metodología recomendada por la CAPE, para la determinación de los ahorros energéticos, que se basa principalmente en el documento "Conceptos y Opciones para Determinar el Ahorro de Energía y Agua, Volumen 1", EVO 10000 – 1:2010 (Es) (EVO, 2010).

10.1 Definición del ahorro energético

Se entiende por ahorro energético a la ausencia del uso de la energía, y como no es posible cuantificar la ausencia de algo, el objetivo de este mecanismo es comparar las mediciones de la energía que se utiliza antes y después de la implementación de un proyecto energético. Lamentablemente, la diferencia medida en el uso de energía no es necesariamente equivalente al ahorro energético real, si es que dicho cambio no fue medido en las mismas condiciones (de operación, climatológicas, etc.). Por lo tanto, para determinar el ahorro energético real, es necesario considerar ajustes que representen los consumos energéticos medidos en condiciones comparables.

En resumen, el ahorro real de energía se determina comparando el consumo de energía, antes y después de la implementación de un proyecto energético, junto con realizar los ajustes necesarios según la variación de las condiciones en las que se realizaron dichas mediciones.

Para ejemplificar los conceptos indicados, considere el histórico del consumo de energía de una caldera industrial antes y después de la implementación de un proyecto que busca reducir su consumo energético, como se observa en la Figura 2. Al momento de la implementación de la mejora, que consiste en la recuperación de calor de los gases de escape, se tiene un aumento importante en los niveles de producción.

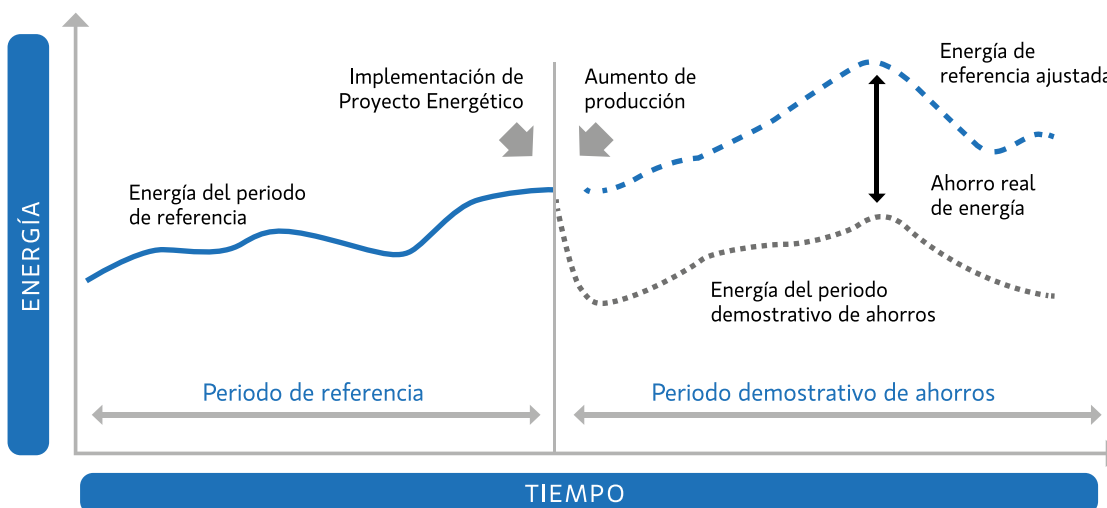


Figura 2. Cálculo de ahorros energéticos considerando ajustes por cambio en niveles de producción.

Para determinar de forma real el impacto energético del proyecto implementado, éste debe ser separado del efecto provocado por el aumento de la producción, comparando el consumo de energía en el periodo de tiempo posterior a la implementación del proyecto (periodo demostrativo de ahorros) y el consumo que hubiese tenido el sistema del periodo previo a las mejoras (periodo de referencia), pero en las mismas condiciones. Para esto se debe realizar un estudio del patrón de consumo en el periodo de tiempo previo a la implementación del proyecto, determinando así la relación existente entre el consumo de energía (energía de referencia) y la producción.

Tras la implementación del proyecto, esta relación se utiliza para estimar la cantidad de energía que habría consumido el sistema original (en este ejemplo la caldera), si no se hubiera implementado la recuperación de calor de los gases de escape. Este cálculo debe realizarse considerando las condiciones del periodo demostrativo de ahorros, es decir, el nivel de producción que hubo en ese periodo. La energía calculada se denomina energía de referencia ajustada.

Finalmente, el ahorro de energía se determina mediante la diferencia entre la energía de referencia ajustada y la energía del periodo demostrativo de ahorros (como se observa en la Figura 2). En este caso particular, si no se realizan ajustes en función de la variación de la producción, la diferencia entre ambas sería mucho menor que el ahorro determinado con ajustes, por lo que no se reflejaría todo el efecto provocado por la recuperación de calor.

De acuerdo al IPMVP, la forma correcta de determinar los ahorros energéticos se realiza mediante la ecuación N°1 del documento "Conceptos y Opciones para Determinar el Ahorro de Energía y Agua, Volumen 1, EVO 10000 – 1:2010 (Es)" (EVO, 2010), la que se estructura de la siguiente manera:

$$\text{Ahorro de Energía} = \text{Energía Periodo de referencia} - \text{Energía Periodo Demostrativo de Ahorros} \pm \text{Ajustes} \quad \text{(Ecuación N° 1)}$$

En la Ecuación N° 1, el elemento "Ajustes" es posible separarlo en:

- **Ajustes rutinarios:** se generan debido a cambios en parámetros que influyen en el consumo de la energía y que experimentan variaciones esperadas durante el periodo demostrativo de ahorros (variables independientes). Éstas pueden ser las condiciones climatológicas o el nivel de producción de la planta, entre otros.
- **Ajustes no rutinarios:** se generan debido a cambios en parámetros que influyen en el consumo de energía y se espera que no cambien en el tiempo (factores estáticos). Estos pueden ser el tamaño de la instalación, diseño y funcionamiento de los equipos existentes, número de turnos de trabajo o tipo de ocupantes, entre otros.

10.2 Límite de Medición

El Límite de Medición se define como un límite conceptual que se establece alrededor de los equipos o sistemas para separar los hechos que son relevantes en la determinación de los ahorros de los que no lo son. Todos los consumos de los equipos, o sistemas, que estén dentro del límite de medición deben ser medidos y/o estimados, independientemente de que el consumo esté dentro o no de ese límite.

Cualquier efecto energético que se produzca fuera del Límite de Medición se denomina efecto cruzado. El IPMVP recomienda intentar buscar la forma de estimar la magnitud de tales efectos cruzados para poder determinar su influencia en el ahorro.

El alcance del Límite de la Medición puede considerar toda la instalación o un número acotado de equipos, medidores y variables energéticas, tal como se expone a continuación.

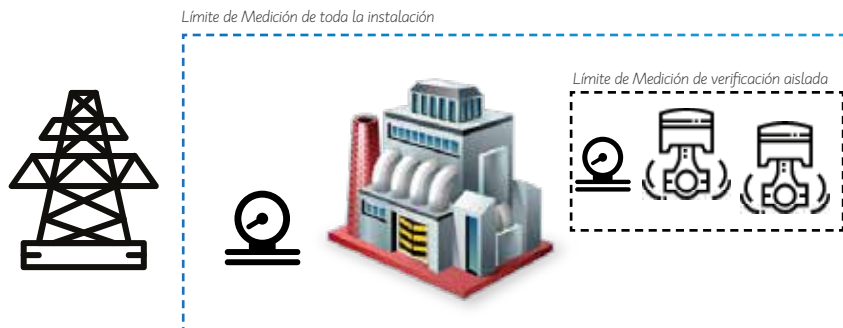


Figura 3. Ejemplo de Límite de Medición.

10.3 Periodo de Referencia y Periodo Demostrativo de Ahorros

Como ya se ha esbozado, existen dos periodos de tiempo fundamentales en la implementación de una metodología que permita determinar los resultados energéticos de un proyecto, en particular el Periodo de Referencia y el Periodo Demostrativo de Ahorros.

El Periodo de Referencia se define como el tiempo seleccionado que representa el funcionamiento de una instalación, o de un sistema, antes de la implementación de un proyecto energético.

CONSIDERACIONES PARA DEFINIR UN PERIODO DE REFERENCIA APROPIADO			
01	02	03	04
Ser representativo de los modos de operación existentes en la instalación, considerando al menos un ciclo completo de funcionamiento.	Incorporar todas las condiciones de funcionamiento en un ciclo normal de operación.	Considerar periodos de tiempo donde exista información real de las condiciones de operación que influyen en el consumo, ya sean éstas fijas o variables.	Utilizar el periodo disponible, más cercano a la implementación. Mientras más distante en el tiempo se establezca el periodo de referencia con respecto al periodo de implementación, mayor será la incertidumbre de los hechos ocurridos que podrían afectar a los sistemas intervenidos.

Figura 4. Consideraciones para definir el Periodo de Referencia

Por otra parte, el Periodo Demostrativo de Ahorros se define como el periodo de tiempo posterior a la fecha de inicio de operación del proyecto energético, en el cual se determinarán los ahorros energéticos y serán reportados. Su duración debe ser coherente con la del Periodo de Referencia, por lo que su duración será igual a dicho periodo.

Es muy común que en los proyectos energéticos se consideren Periodos de Referencia y Periodos Demostrativos de Ahorros de un año calendario de duración, principalmente para operaciones que posean marcadas estacionalidades.



10.4 Ajustes

10.4.1 Ajustes rutinarios y variables independientes

Los Ajustes Rutinarios son aquellos que se aplican para reflejar la influencia en el consumo de energía, de parámetros que tienen variaciones esperadas durante el periodo demostrativo de ahorro, y que tienen un impacto significativo en el uso de energía. Estos parámetros son denominados Variables Independientes y ejemplos de ellas son las condiciones climatológicas, como la temperatura ambiente, los grados día de calefacción o los grados días de enfriamiento. Otra variable independiente habitual es en la industria es el nivel de producción de la instalación.

Existe una serie de técnicas para definir la metodología del ajuste que se va a realizar, estas técnicas pueden ser tan sencillas como aplicar un valor constante, o tan complejas como utilizar ecuaciones no lineales de múltiples variables, donde la energía se correlaciona con cada una de las variables independientes. Hay que utilizar las técnicas matemáticas adecuadas para seleccionar el método de ajuste más apropiado en cada Plan de Medición y Verificación, y es fundamental que estas técnicas sean validadas por las partes involucradas en el proceso de Medición y Verificación, previo a la etapa de implementación de los proyectos energéticos, ya que de ellos dependerán los valores de ahorros que serán reportados.

10.4.2 Ajustes no rutinarios y factores estáticos

Estos ajustes se deben a variaciones en parámetros que influyen en la energía y que experimentan variaciones no esperadas durante el periodo demostrativo de ahorros. Estos parámetros, conocidos también como Factores Estáticos, pueden ser por ejemplo el tamaño de la instalación, diseño y funcionamiento de los equipos existentes, número de turnos de trabajo o tipo de ocupantes, entre otros.

Los posibles cambios que experimenten estos Factores Estáticos tienen que ser registrados durante todo el periodo demostrativo de ahorros y considerados en el cálculo de los ahorros obtenidos.

11. Opciones de Medición y Verificación

La CAPE considera en gran medida los conceptos definidos en el IPMVP. En este sentido, tiene en cuenta la misma nomenclatura para las opciones de medición y verificación de ahorros energéticos indicados en dicho documento, con la finalidad de facilitar el diseño, ejecución y control de la determinación de ahorros.

En particular, el protocolo IPMVP ofrece cuatro opciones para determinar el ahorro energético, que guardan relación con el límite donde se hace la medición y al acceso de información disponible: dos opciones de verificación aislada del proyecto energético (opciones A y B), una opción de verificación de toda la instalación (opción C) y una opción de simulación calibrada (opción D). La ventaja de definir opciones de Medición y Verificación es que permite mayor claridad respecto de lo que se va a revisar una vez sean reportados los ahorros energéticos. A continuación, se detalla cada una de las opciones propuestas en el IPMVP:

OPCIÓN A: VERIFICACIÓN AISLADA DEL PROYECTO ENERGÉTICO, MEDICIÓN DEL PARÁMETRO CLAVE

Esta opción se utiliza cuando el proyecto energético se aborda como un sistema aislado dentro de la instalación y, además, el ahorro energético se determina midiendo el parámetro clave que determina el consumo de energía del sistema donde se ha implementado el proyecto energético. Se realiza una estimación de los parámetros que no han sido seleccionados para ser medidos en la instalación, pero que son necesarios para determinar el consumo de energía del sistema. La estimación de dichos parámetros se puede realizar con datos históricos, especificaciones del fabricante o supuestos técnicos, por lo que será necesario disponer de la documentación o fuentes de información que justifiquen los valores de los parámetros estimados.

OPCIÓN B: VERIFICACIÓN AISLADA DEL PROYECTO ENERGÉTICO, MEDICIÓN DE TODOS LOS PARÁMETROS

Esta opción se utiliza cuando el proyecto energético se aborda como un sistema aislado dentro de la instalación y, además, el ahorro se determina midiendo el consumo de energía del sistema en el que se ha implementado el proyecto energético. Lo anterior mediante la medición directa de energía o mediante la medición de todos los parámetros que determinen el consumo de energía. En esta opción se deben medir todos los parámetros que afecten el consumo de energía, no pudiéndose estimar ninguno de ellos.

OPCIÓN C: VERIFICACIÓN DE TODA LA INSTALACIÓN

El ahorro se determina midiendo el consumo de energía de toda la instalación, o de una parte de ella. Para utilizar esta opción, el ahorro esperado como consecuencia de la implementación del proyecto energético debe ser de alto impacto en comparación al consumo energético del periodo de referencia, el que generalmente es posible obtener a través de información de facturación de las empresas suministradoras de energía. Es importante destacar que dicho consumo podría incluir sistemas o equipos que no están relacionados con el proyecto energético, lo que podría generar mayor incertidumbre al cálculo final del ahorro. El ahorro esperado debe ser mayor o igual al 10% del consumo energético de la instalación. Esta opción también se

puede ocupar cuando se implementan varios proyectos energéticos que no pueden ser medidos de forma separada.

La principal diferencia entre la opción B y C es que las mediciones de energía en el caso de la opción B son completamente asociadas al proyecto energético. En el caso de la opción C las mediciones de consumo pueden incluir equipos o instalaciones que no están relacionadas con el respectivo proyecto.

OPCIÓN D: SIMULACIÓN CALIBRADA

Esta opción se utiliza cuando no se cuenta con información de consumos energéticos del periodo de referencia o cuando se trata de una instalación nueva. El ahorro se determina simulando el consumo de energía de toda la instalación, o de una parte de ella y calibrándola con datos reales. Esta opción suele requerir el uso de programas informáticos y contar con conocimientos específicos para realizar simulaciones, por lo tanto, suele ser la opción menos costo-efectiva y menos precisa de utilizar.

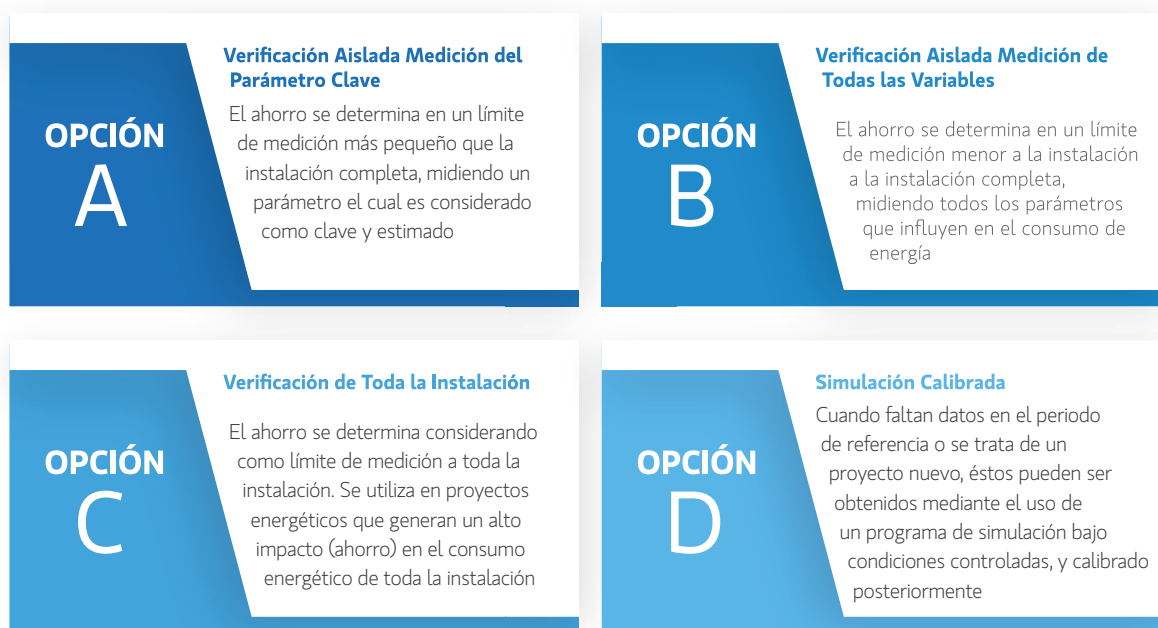


Figura 5. Opciones de Medición y Verificación propuestas por el IPMVP

De las cuatro alternativas para determinar los ahorros de un proyecto energético, la CAPE considera solo las opciones A, B y C del protocolo IPMVP. La "OPCIÓN D: SIMULACIÓN CALIBRADA" no es parte de la CAPE, debido a que el mecanismo solo considera aquellos proyectos que poseen consumos de energía reales y verificables.

Para mayor detalle con respecto a las opciones de Medición y Verificación, se debe tomar como referencia el documento "Conceptos y Opciones para Determinar el Ahorro de Energía y Agua, Volumen 1", EVO 10000 – 1:2010 (Es).

12. Consideraciones estadísticas

Si bien esta guía no pretende abordar en detalle el tratamiento estadístico de datos, si se entregarán los antecedentes básicos que se consideran imperativos a la hora de evaluar un proyecto energético que ingrese a la CAPE. A continuación, se revisan los aspectos más importantes a considerar en su análisis como **Evaluador CAPE**.

12.1 Modelo predictivo

Con el fin de poder determinar el consumo del sistema previo a la implementación del proyecto energético en las condiciones del periodo demostrativo de ahorros suele utilizarse un modelo predictivo, el cual permita estimar cual sería sido el consumo de energía si es que no se hubiera realizado el proyecto analizado.

El modelo predictivo permitirá estimar los valores de la variable dependiente Y , generalmente el consumo de energía, a partir de variables independientes X_i . Estas variables dependerán del proyecto en cuestión.

El modelo más habitual es la regresión lineal de una variable

$$\hat{Y} = b_0 + b_i X_i + e$$

Donde:

\hat{Y} es el valor de la energía consumida proyectado por el modelo predictivo, variable dependiente.

X_i es la variable independiente que permite predecir el consumo energético

b_0 es el intercepto de la regresión.

b_i es el coeficiente asociado a la variable independiente i .

e corresponde a los errores residuales que a pesar de la inclusión de una o más variables independientes, siguen sin explicación.

El modelo intenta explicar la causalidad del consumo de energía en base a las variables independientes. Por ejemplo, si la producción X_i aumenta en una unidad, la energía aumentará en b_i unidades.

Si bien por lo general se busca modelos tan simples como sea posible, la forma funcional del modelo podría ser lineal multivariable o no ser lineal, sino polinómica de grado mayor a uno u otra diferente, dependiendo del sistema que se trate.

Para evaluar la calidad del modelo predictivo propuesto, se deberán realizar una serie de análisis estadísticos, que se describen a continuación.

12.1.1 Coeficiente de determinación (R^2)

Este coeficiente permite comprender qué tan certero es un modelo predictivo respecto a los valores reales observados. Se basa en las diferencias observadas de la variable dependiente, en este caso el consumo de energía, respecto de su valor promedio.

1. RMSE en inglés, Root Mean Square Error, es decir, Raíz Cuadrada del Error Cuadrático Medio

El cálculo de R^2 se expresa como:

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}$$

Donde

\hat{Y}_i es el valor de la energía consumida proyectada de acuerdo al modelo predictivo, para un dato i en particular. Éste se calcula evaluando el modelo con el valor de X_i respectivo.

\bar{Y} es el promedio de los n valores de energía medidos, calculado como

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n}$$

Y_i es el valor real observado de consumo de energía (valor real obtenido).

El coeficiente R^2 puede tomar valores entre 0 y 1. El valor cercano a 0 indica que el modelo no explica ninguna de las variaciones de los datos y por lo tanto no debe ser utilizado para predecir los valores de \hat{Y}_i . Por el contrario, un valor R^2 cercano a 1 predecirá muy bien los valores \hat{Y}_i que se esperaría tener para determinado valor de la variable independiente. Aunque no existe un valor mínimo de R^2 para indicar si un modelo es suficientemente certero o no, se suele considerar el criterio indicado por el IPMVP, en el que indica que un valor de R^2 mayor o igual a 0,75 es aceptable. Un R^2 sobre este valor indicaría que el modelo explica de forma razonable la relación entre la o las variables independientes utilizadas y el consumo de energía.

El análisis de R^2 sólo se utiliza como comprobación inicial, pero otros análisis estadísticos para validar el modelo pueden ser realizados.

12.1.2 Coeficiente de variación (CV)

Como segundo término estadístico para evaluar la pertinencia del modelo predictivo, se encuentra el Coeficiente de Variación o $CV(RMSE^1)$. Este estadístico da una noción de la diferencia existente entre los valores reales de la variable dependiente, y los valores estimados con el modelo predictivo.

El valor de CV puede estar entre 0 y 1. Un valor de 0 equivale a una representatividad perfecta de los datos reales. Este estadístico se calcula como:

$$CV(RMSE) = \frac{SE_{\hat{y}}}{\bar{Y}}$$

Donde

$SE_{\hat{y}}$ es el error estándar de estimación, y se calcula como

$$SE_{\hat{y}} = \sqrt{\frac{\sum (\hat{y}_i - y_i)^2}{n - p - 1}}$$

Donde

\hat{Y}_i es el valor de la energía consumida proyectada de acuerdo al modelo predictivo, para un dato i en particular. Éste se calcula evaluando el modelo con el valor de X_i .

\bar{Y} es el promedio de los n valores de energía medidos, calculado como

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n}$$

Y_i es el valor real observado de consumo de energía (valor real obtenido).

p es el número de variables independientes del modelo predictivo.

n es el número de datos utilizados.

Se considera que un $CV \leq 25\%$ es aceptable (ASHRAE, 2005).

12.1.3 Estadístico t

El estadístico t permite determinar si la estimación de un parámetro b_i del modelo es estadísticamente significativa. Si este estadístico es muy bajo, entonces ese parámetro tiene poca influencia en la predicción del consumo de energía, y posiblemente está disminuyendo la correlación del modelo con los datos reales.

El valor de t se calcula con ayuda de programas estadísticos o planilla de cálculo, mediante la siguiente ecuación:

$$t = \frac{b_i}{SE_b}$$

Donde

b_i es uno de los coeficientes del modelo predictivo

SE_b es el error estándar del coeficiente

No se debe confundir $SE_{\hat{y}}$ con SE_b , el primero es el error existente entre los valores reales y los estimados de la variable dependiente, mientras que, el segundo guarda relación con el intervalo $[b_i - t \cdot SE_b ; b_i + t \cdot SE_b]$ donde, se encuentra el valor del coeficiente b_i con el nivel de confianza seleccionado.

El valor de SE_b se calcula con ayuda de programas estadísticos o planilla de cálculo, mediante la siguiente ecuación:

$$SE_b = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y})^2 / (n-2)}{\sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

Donde,

\hat{Y} es el valor de la energía consumida proyectada de acuerdo al modelo predictivo, para un dato i en particular. Éste se calcula evaluando el modelo con el valor de X_i .

\bar{X} es el promedio de los n valores de las variables independientes medidas, calculado como $\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$

Y_i es el valor real observado de consumo de energía (valor real obtenido).

n es el número de datos utilizados.

Si el valor absoluto del estadístico t es suficientemente alto, se deberá concluir que la estimación es estadísticamente válida. Si es muy bajo, se deberá descartar el uso de esa variable independiente en particular, ya que ésta presenta una baja correlación para explicar las variaciones de la variable dependiente. El valor del estadístico t cumplirá con lo requerido si es mayor que el presentado en la Tabla 3.

Tabla 3. Valor del estadístico t para distintos niveles de confianza (EVO, 2012).

Para calcular los grados de libertad, se tiene que:
 GL = n-1 (para una muestra)
 GL = n-p-1 (para un modelo de regresión)

Donde:
 n = tamaño de la muestra
 p = cantidad de variables del modelo de regresión

Grados de Libertad (GL)	Nivel de confianza			
	95%	90%	80%	50%
1	12,71	6,31	3,08	1,00
2	4,30	2,92	1,89	0,82
3	3,18	2,35	1,64	0,76
4	2,78	2,13	1,53	0,74
5	2,57	2,02	1,48	0,73
6	2,45	1,94	1,44	0,72
7	2,36	1,89	1,41	0,71
8	2,31	1,86	1,4	0,71
9	2,26	1,83	1,38	0,70
10	2,23	1,81	1,37	0,70
11	2,20	1,80	1,36	0,70
12	2,18	1,78	1,36	0,70
13	2,16	1,77	1,35	0,69
14	2,14	1,76	1,35	0,69
15	2,13	1,75	1,34	0,69

Grados de Libertad (GL)	Nivel de confianza			
	95%	90%	80%	50%
16	2,12	1,75	1,34	0,69
17	2,11	1,74	1,33	0,69
18	2,10	1,73	1,33	0,69
19	2,09	1,73	1,33	0,69
21	2,08	1,72	1,32	0,69
23	2,07	1,71	1,32	0,69
25	2,06	1,71	1,32	0,68
27	2,05	1,70	1,31	0,68
31	2,04	1,70	1,31	0,68
35	2,03	1,69	1,31	0,68
41	2,02	1,68	1,30	0,68
49	2,01	1,68	1,30	0,68
60	2,00	1,67	1,30	0,68
120	1,98	1,66	1,29	0,68
∞	1,96	1,64	1,28	0,67

12.2 Determinación del tamaño de muestra

En ocasiones, ya sea por temas de costo o de complejidad de ejecución, será recomendable realizar las mediciones sólo en una muestra y no en el conjunto total de sistemas (equipos individuales o un conjunto de ellos) que sean intervenidos o reemplazados para reducir el consumo energético. La determinación del tamaño de muestra dependerá de la precisión deseada y el nivel de confianza. Esta determinación muestral es típica en proyectos de recambio masivo de lámparas.

La precisión se refiere al error que va ligado a la estimación verdadera (lo que se tendría al analizar la población completa). La confianza se refiere a la probabilidad de que la estimación resulte dentro del

intervalo de precisión definido. A mayor precisión requerida, mayor será el tamaño de muestra necesario. Por ejemplo, si se quiere tener un 90% de confianza y un $\pm 10\%$ de precisión, quiere decir que el intervalo definido para la estimación ($\pm 10\%$) contendrá el verdadero valor para todo el grupo (que no es observado) con una probabilidad del 90%.

Para determinar el tamaño de muestra, el IPMVP recomienda seguir estos pasos:

1 Seleccionar una población homogénea. El universo total de unidades a analizar debe tener características similares, de forma que la estimación resulte representativa, aun tomando una muestra aleatoria de menor tamaño. En el caso de que el universo no sea homogéneo, es posible genera sub-grupos e implementar este procedimiento para cada sub-grupo homogéneo.

2 Determinar la precisión deseada y los niveles de confianza de la estimación. La precisión dependerá del presupuesto disponible para las mediciones, ya que para obtener una mayor precisión se requerirán más mediciones, encareciendo el plan de Medición y Verificación. Por otra parte, buscar reducir los costos del Plan de Medición y Verificación disminuyendo la precisión, aumentará el error de las estimaciones.

3 Decidir el nivel de desagregación. Se debe establecer si los criterios de niveles de confianza y precisión se establecerán iguales o diferenciados por sub-grupos.

4 Calcular un tamaño inicial de muestra. Con la siguiente ecuación se puede determinar un tamaño inicial, no definitivo, del tamaño de muestra.

$$n_0 = \frac{z^2 \cdot c_v^2}{e^2}$$

Donde,

n_0 es la estimación inicial del tamaño de muestra (obtenida antes de comenzar el muestreo).

C_v es el coeficiente de varianza, que se define como la desviación estándar de las lecturas dividida por el promedio. Se puede iniciar la estimación con un valor de $C_v = 0,5$, sin embargo, el objetivo de este ejercicio es reducir el valor de este coeficiente, tanto como lo permita el presupuesto disponible.

e es el nivel deseado de precisión (valor entre 0 y 1).

z es el valor de distribución normal, obtenido a partir de la Tabla 3, con un número infinito de lecturas y para el nivel de confianza deseado (Paso 2).

Ajustar tamaño de muestra inicial estimada si la población es pequeña. Si el tamaño de muestra inicial obtenido es mayor al 5% de la población total, se puede reducir el tamaño de muestra con la siguiente ecuación.

$$n = \frac{n_0 \cdot N}{n_0 + N}$$

Donde,

n es el tamaño de muestra.

N tamaño de la población de donde se obtiene la muestra.

5 Determinar el tamaño final de la muestra. Ya que inicialmente se asumió un valor estimado para C_v , se debe cotejar que el tamaño de muestra sea el correcto. Para ello, se deben realizar las mediciones del tamaño muestral inicial determinado, para así calcular un C_v real, a partir de los datos medidos. Si el C_v real es menor al C_v inicial estimado significa que el tamaño muestral realizado es más grande del requerido para cumplir los objetivos de precisión, por lo que no es necesario realizar nuevas muestras. En el caso de que el C_v real sea mayor al C_v inicial estimado, significa que el tamaño muestral utilizado no es suficiente para lograr la precisión establecida, por lo que se debe calcular nuevamente el tamaño muestral a partir del punto 4, pero utilizando el C_v real, lo que resultará en un valor mayor al inicial. Este proceso se debe repetir hasta que se cumpla el criterio mencionado previamente.











13. Equipos de medición

Determinar los ahorros de proyectos energéticos suele requerir instalar equipos de medición, ya sea de forma permanente o durante un breve periodo de tiempo. Estos equipos de medición se pueden instalar para medir el consumo de energía u otras variables relevantes, durante el periodo de referencia y/o durante el periodo demostrativo de ahorros.

A continuación, se presentan ejemplos de los equipos más utilizados a nivel de la industria, según su uso.



Tabla 4. Principales tipos de medidores

Equipo	Variable Medida	Fotografía Referencial
Flujómetro de gas	Flujo de gas Natural o Gas licuado de petróleo	
Flujómetro de agua	Flujo de agua caliente o fría	
Termocuplas	Sensores de temperatura	
Calorímetro	Energía Térmica	
Analizador de redes	Energías, Potencia aparente, potencia activa, potencia reactiva, corriente, voltaje, factor de potencia, frecuencia, distorsión armónica de corriente y voltaje, entre otros	
Wattmetro	Corriente, voltaje y potencia, entre otros	
Horómetro	Horas de funcionamiento	
Manómetro	Presión	
Varilla	Nivel de Petróleo	
Balanza	Peso de Carbón o leña	

Finalmente, cabe señalar que los equipos de medición deben ser calibrados según las recomendaciones del fabricante y según los procedimientos fijados por la legislación vigente sobre mediciones. Siempre que sea posible, hay que utilizar estándar de primer orden, es decir que miden directa o casi directamente la o las variables físicas de interés. En lo posible deben utilizarse equipos de calibración trazable con estándares de primer orden y no menos de tercer orden (EVO, 2010).

14. Plan de Medición y Verificación

La planificación detallada del proceso de Medición y Verificación garantiza que se dispondrá de los datos requeridos para la determinación de ahorros obtenidos producto de la implementación de un proyecto energético. Así mismo, se busca que la obtención de los datos requeridos tenga un costo razonable. La planificación antes descrita debe ser documentada en un Plan de Medición y Verificación que, de manera detallada según el IPMVP, indique al menos lo siguiente:

PLAN DE MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN	
Objetivos del proyecto energético	Especificaciones de la medición
Opción de medición escogida y límite de medición seleccionado	Responsabilidades de la medición
Periodo de referencia y consumo de energía de referencia	Precisión esperada
Periodo demostrativo de ahorros	Presupuesto para la Medición y Verificación
Base para el ajuste	Formato de informe de ahorros
Procedimiento de análisis	Procedimientos de garantía de la calidad
Precios de la energía	

Figura 6. Contenidos a incluir en un Plan de Medición y Verificación según el IPMVP

En particular, para la opción A se deben considerar ítems adicionales, que complementarían los antes mencionados. Éstos son:

- **En la Opción A**

- **Justificar las estimaciones**

- Se debe indicar para los parámetros estimados, los valores utilizados, así como el origen de los mismos. También se debe especificar el impacto en los ahorros, producto de estas estimaciones, incluyendo los rangos de variación esperados para los resultados de ahorro.

- **Inspecciones periódicas**

- Definir el intervalo para las inspecciones durante el periodo demostrativo de ahorro, a realizar para garantizar que los equipos siguen instalados y operativos, como se planificó al inicio del proyecto energético.

Se recomienda revisar dicho protocolo para revisar en detalle cada uno de los apartados mencionados.



15. Informes Demostrativos de Ahorro

Como resultado de la ejecución del Plan de Medición y Verificación una vez el proyecto energético entre en funcionamiento, se emitirán informes periódicos cuyos contenidos mínimos, de acuerdo al IPMVP, son los presentados en la Figura 7. Su nivel de profundidad y detalle, deben ajustarse al nivel de conocimiento y comprensión del público objetivo al que va dirigido.

INFORME DEMOSTRATIVO DE AHORROS	
CONTENIDO	COMENTARIOS
Datos Observados durante el periodo demostrativo de ahorro	Incluyendo fecha inicial y final del periodo de reporte, los datos de consumo y los valores de variables independientes.
Descripción y justificación de las eventuales correcciones que se hayan realizado en los datos observados en el periodo reportado	
Los valores estimados que se acordaron, para la Opción A	
Precios de energía que se han utilizado para el reporte de ahorros	
Detalles de los ajustes no-rutinarios que se pudieren haber efectuado en el periodo reportado	Este apartado debe incluir un detalle de los cambios en las condiciones desde el periodo de referencia, incluyendo los hechos, los supuestos y cálculos que explican el ajuste.
Finalmente, el ahorro determinado, tanto en unidades de energía y en unidades monetarias	

Figura 7. Contenidos mínimos de los Informes Demostrativos de Ahorros según el IPMVP

16. Preguntas tipo Módulo A

1.- De las siguientes expresiones ¿Cuál es la expresión correcta?

- a) La Medición y Verificación es un software que permite la adecuada gestión energética de una instalación.
- b) La Medición y Verificación se utiliza generalmente cuando se requiere verificar ahorros energéticos, por ejemplo en programas de gobierno relacionados con la eficiencia energética.
- c) La Medición y Verificación solamente entrega una prueba de la eficacia de la gestión de los combustibles.
- d) La Medición y Verificación es un protocolo para dimensionar proyectos.
- e) La Medición y Verificación es una herramienta de uso específico, y es útil únicamente en las etapas de preinversión.

2.- En un proyecto de recambio de iluminación de tubos fluorescentes a tubos LED, se mide la energía de los circuitos de iluminación utilizando un analizador de redes durante un ciclo de operación. Se tiene certeza que los circuitos corresponden exclusivamente a equipos de iluminación. Esta metodología de Medición y Verificación corresponde a la opción:

- a) Solo A
- b) Solo B
- c) A y B
- d) A y C
- e) B y C

3.- Respecto al coeficiente de determinación R^2 es verdadero aseverar que:

- I.- Sirve para comprender qué tan certero es un modelo predictivo respecto a los valores reales observados.
- II.- El IPMVP indica que un R^2 mayor o igual a 0,95 es aceptable como indicador para validar un modelo predictivo.
- III.- Solamente analizando el R^2 se puede siempre aseverar que un modelo predictivo es válido.

- a) Solo I
- b) Solo II
- c) Solo III
- d) Solo I y II
- e) Solo II y III

Respuestas: 1) b. 2) b. 3) a.



PARTE 3

Módulo B: mecanismo de operación de la CAPE

17. Descripción de documentos complementarios	31
18. Herramienta de Evaluación	35
19. Preguntas tipo Módulo B	36

17. Descripción de documentos complementarios

Tabla 5. Descriptivo del documento Manual de Implementación

Nombre Documento	Manual de Implementación	
Descripción	Principal documento que entrega la información general de la CAPE.	
ESTRUCTURA		
Partes	Descripción	Contenidos
1 Medición y Verificación	Se describe brevemente el marco técnico en el cual se desarrolla la metodología CAPE, considerando las metodologías de medición y verificación aceptadas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué es la Medición y Verificación? 2. ¿Cómo se determinan los ahorros energéticos? 3. Opciones de Medición y Verificación
2 Antecedentes Generales de la Certificación	Contiene los antecedentes que permiten comprender de manera general cómo opera el mecanismo, sin profundizar mayormente en los detalles asociados a cada uno de los procesos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué es la CAPE? 2. Actores involucrados en la CAPE 3. Obligaciones de los actores involucrados 4. Documentos reconocidos por la Certificación 5. ¿Qué beneficios entrega la Certificación? 6. ¿A quién está dirigida la CAPE? 7. ¿Qué proyectos pueden certificar sus ahorros energéticos? 8. ¿Qué recursos debe disponer el Cliente para certificar los ahorros de un proyecto? 9. Productos de la Certificación 10. Medio de comunicación (página web)
3 Metodología para la Certificación de Ahorros de Proyectos Energéticos	Antecedentes específicos de cómo el Cliente puede obtener la certificación, los requisitos para los Evaluadores CAPE, el proceso de fiscalización y los lineamientos para el uso de marcas y normas gráficas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Etapas y procesos de la CAPE 2. Acreditación y Registro de Evaluadores CAPE 3. Fiscalización de proyectos 4. Uso de marca y normas gráficas



Tabla 6. Descriptivo del documento Reglamento de Certificación

Nombre Documento		Reglamento de la Certificación	
Descripción		Documento reglamentario que indica tanto los procedimientos como actividades asociadas a las etapas y actividades de ejecución de la CAPE.	
ESTRUCTURA			
Partes	Descripción	Contenidos	
1 Antecedentes Generales De La Certificación	Aspectos generales necesarios para comprender cabalmente los detalles específicos del proceso expuesto en el resto del documento.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Actores involucrados en la CAPE 2. ¿Qué proyectos pueden certificar sus ahorros energéticos? 3. Definición del Periodo de Referencia y del Periodo Demostrativo de Ahorros 	
2. Etapas de la Certificación de Ahorros de Proyectos Energéticos	Diagramas de flujo y descripción de los procesos asociados a cada una de las tres etapas posibles de la Certificación.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Etapa de Pre-Certificación 2. Etapa de Certificación 3. Etapa de Extensión de la Certificación 	
3. Aspectos Transversales de la Certificación	Aspectos que deben ser considerados durante todo el proceso de certificación e incluso después de ésta.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Registro de proyectos certificados 2. Incompatibilidades 3. Notificaciones de cambios que afecten a la certificación 	

Tabla 7. Descriptivo del documento Manual de Herramienta de Evaluación

Nombre Documento		Manual de Herramienta de Evaluación
Descripción		Documento técnico que indica en detalle cómo utilizar correctamente la Herramienta de Evaluación de la CAPE.
ESTRUCTURA		
Partes	Descripción	Contenidos
1. Etapa de Pre-Certificación	Procedimiento para completar la información del proyecto cuando se encuentra a etapa de Pre-certificación	Descripción de cada uno de los campos a llenar
2. Etapa de Certificación	Procedimiento para completar la información del proyecto cuando se encuentra a etapa de Certificación	Descripción de cada uno de los campos a llenar
3. Etapa de Extensión de la Certificación	Procedimiento para completar la información del proyecto cuando se encuentra a etapa de Extensión de la Certificación	Descripción de cada uno de los campos a llenar



Tabla 8. Descriptivo del documento Reglamento de Fiscalización de Proyectos

Nombre Documento		
Reglamento de Fiscalización de Proyectos		
Descripción		
Documento reglamentario que indica tanto los procedimientos de fiscalización como las eventuales infracciones y sanciones.		
ESTRUCTURA		
Partes	Descripción	Contenidos
1. Procedimiento de Fiscalización	Se presenta los actores involucrados en el proceso de fiscalización, así como los procesos de fiscalización, sanciones y de reclamación.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Intervinientes, responsables y conceptos relevantes 2. Procedimiento de Fiscalización 3. De las Infracciones 4. Procedimiento Sancionatorio y el Mecanismo de Reclamación 5. De las Sanciones

Tabla 9. Descriptivo del documento Reglamento de Acreditación de Evaluadores CAPE

Nombre Documento		
Reglamento de Acreditación de Evaluadores CAPE		
Descripción		
Documento reglamentario que indica tanto los procedimientos como actividades asociadas a la obtención de la acreditación de Evaluador CAPE y cómo pertenecer al Registro de Evaluadores CAPE.		
ESTRUCTURA		
Partes	Descripción	Contenidos
1. Antecedentes Generales de la Certificación	Presenta antecedentes generales de la acreditación CAPE, así como los requisitos para postular como Evaluador CAPE.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aspectos Generales
2. Etapas de la Acreditación de Evaluadores CAPE	Describe los pasos que se deben seguir para acreditarse como Evaluador CAPE.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Etapas para la Acreditación 2. Etapas para la Re-Acreditación 3. Notificaciones de cambios que afecten a la Acreditación

18. Herramienta de Evaluación

18.1 Objetivo de la Herramienta de Evaluación

La Herramienta de Evaluación de la CAPE tiene tres objetivos principales. Primero busca estandarizar la forma de documentar la información que se requiere de los proyectos certificados, segundo acompañar todas las etapas de la certificación ordenando el proceso, y tercero, ser una herramienta de comunicación entre la entidad Administradora, el Evaluador CAPE y el Cliente.

Será responsabilidad de las partes involucradas entregar información verídica y verificable en la Herramienta de Evaluación de la CAPE.

Cabe destacar que toda información asociada a la certificación de ahorros de un proyecto energético puede ser corroborada por la Entidad Administradora mediante un proceso de fiscalización.

18.2 Descripción de la Herramienta de Evaluación

El acceso a la Herramienta de Evaluación CAPE se realiza a través del sitio <https://cape.agenciaSE.org/herramienta>.

La lógica de la Herramienta de Evaluación se basa principalmente en los lineamientos indicados por el IPMVP para la definición de un Plan de Medición y Verificación y los Informes Demostrativos de Ahorros, además de la experiencia de uso del protocolo en diferentes tipos de proyectos energéticos por parte de la Entidad Administradora.

Se espera que contar con la Herramienta de Evaluación se logre agilizar el proceso de documentación de la información de proyectos energéticos, su análisis y reporte. Lo anterior, con la finalidad de hacer el proceso de Medición y Verificación de resultados de proyectos energéticos más expeditos, transparentes y robustos.

Para el caso de los Evaluadores CAPE, las credenciales para hacer ingreso a la plataforma serán entregadas una vez se finalice y apruebe el proceso de acreditación correspondiente, por lo que no deberá crear su usuario.

Por otro lado, en el caso de los Clientes, para poder iniciar el proceso de Certificación de Ahorros de Proyectos Energéticos, deberá crear un usuario en la plataforma, con la finalidad de poder declarar sus proyectos e inscribirlos en las diferentes etapas de la certificación según corresponda.

Debido a que la herramienta estará actualizándose de manera periódica, toda la información asociada a su uso será referenciada en la última versión del "Manual de Herramienta de Evaluación".



19. Preguntas tipo Módulo B

1.- Dentro de las obligaciones del Evaluador CAPE se encuentra(n):

- I.- Asesorar técnica y administrativamente al Cliente en las diferentes etapas de la Certificación.
- II.- Mantener, administrar y actualizar el registro de proyectos certificados.
- III.- Subsanan todas las observaciones técnicas detectadas por la Entidad Administradora durante todas las etapas de la Certificación.
- IV.- Realizar las actividades de evaluación cumpliendo con lo indicado en el Reglamento de la Certificación.

- a) Solo I y II
- b) Solo II y III
- c) Solo III y IV
- d) Solo I, III y IV
- e) Solo I, II y IV

2.- ¿Cuál de las siguientes aseveraciones es correcta respecto a la etapa de Pre-Certificación?

- I.- Está compuesta por dos procesos: La solicitud de evaluación y la revisión.
- II.- Debe ser realizada íntegramente por el Cliente.
- III.- Es la primera etapa obligatoria del proceso de la CAPE.
- IV.- Se debe hacer exclusivamente por la Herramienta de Evaluación de la CAPE.

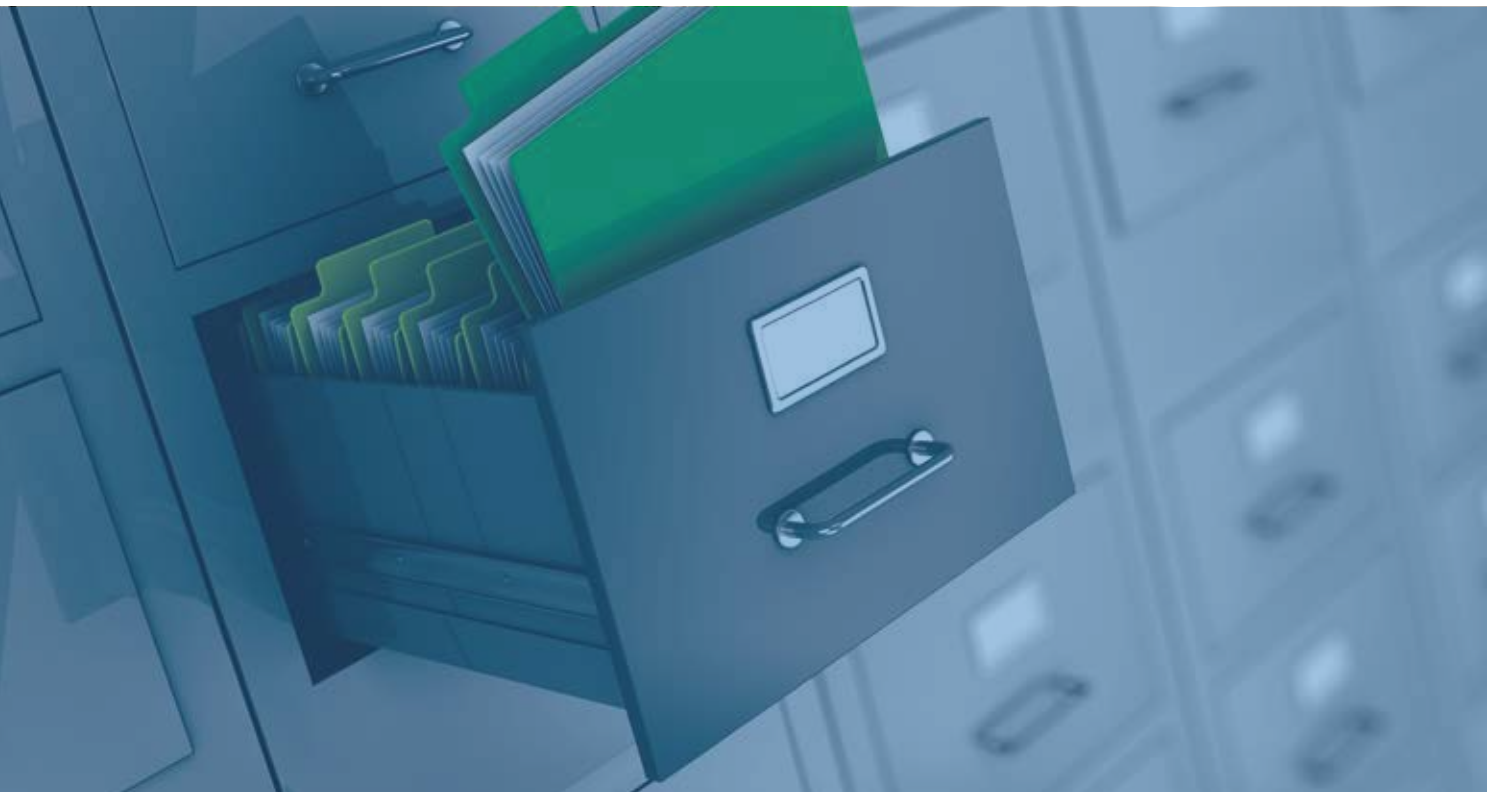
- a) Solo I y II
- b) Solo II y III
- c) Solo III y IV
- d) Solo I, II y IV
- e) Todas las anteriores.

3.- ¿Cuál de las siguientes aseveraciones es correcta respecto a la etapa de Certificación?

- I.- Es la segunda etapa no obligatoria de la CAPE.
- II.- Para iniciar esta etapa es requisito excluyente contar con el Acta de Aceptación de Pre-Certificación vigente.
- III.- Para iniciar esta etapa no es requisito que el proyecto energético haya iniciado su operación.
- IV.- Esta etapa considera el análisis de 12 meses de operación del sistema nuevo.

- a) Solo I y II
- b) Solo II y III
- c) Solo III y IV
- d) Solo I y IV
- e) Solo II y IV

Respuestas: 1) d. 2) c. 3) e.



Anexo I: Referencias

- Agencia de Sostenibilidad Energética. (2015), *Medición y Verificación en la Gestión de Proyectos de Eficiencia Energética, Industria Metalmeccánica y Manufactura.*
- Agencia de Sostenibilidad Energética. (2015), *Medición y Verificación en la Gestión de Proyectos de Eficiencia Energética, Minería.*
- Agencia de Sostenibilidad Energética. (2015), *Medición y Verificación en la Gestión de Proyectos de Eficiencia Energética, Agroindustria.*
- ASHRAE. (2002), *ASHRAE Guideline 14-2002 Measurement of Energy and Demand Savings.*
- EVO. (2010), *EVO 10000-1:2010 (Es) Conceptos y Opciones para Determinar el Ahorro de Energía y Agua Volumen 1.*
- EVO. (2012), *EVO 10000-1:2012 (E) Concepts and Options for Determining Energy and Water Savings Volume 1.*
- EVO. (2014), *EVO 10100-1:2014 (E) Statistics and Uncertainty for IPMVP.*
- EVO. (2016), *EVO 10000-1:2016 (E) Core Concepts.*
- INN. (2013), *NCh-ISO 17065:2013: Evaluación de la conformidad - Requisitos para organismos que certifican productos, procesos y servicios.*
- ISO. (2016), *ISO 17741:2016 (E) General technical rules for measurement, calculation and verification of energy savings of projects.*
- ISO. (2011), *ISO 50001 Gestión de la Energía.*
- Ministerio de Energía, *Energía 2050 Política Energética de Chile.*
- Ministerio de Energía, *Hoja de Ruta 2050 Comité Consultivo de Energía 2050.*
- Ministerio de Medioambiente (8 de enero de 2018), *Acciones nacionales de mitigación apropiadas (NAMAs).* Recuperado de <http://www.mma.gob.cl/1304/w3-article-54752.html>
- ASHRAE, 2005. *Ashrae's Guideline 14-2002 For Measurement Of Energy And Demand Savings: How To Determine What Was Really Saved By The Retrofit.*



Anexo II: Definiciones

Acta de Aceptación de Pre-Certificación: documento formal que se entrega como resultado de la aprobación de la etapa de Pre-Certificación.

Ahorro de Energía reales o efectivos: se determina mediante la diferencia entre la energía de referencia ajustada y la energía del periodo demostrativo de ahorros +/- ajustes no rutinarios si es que corresponden.

Ajustes: componente en el cálculo de los ahorros energéticos que permite evaluar mediciones en condiciones similares, generalmente a las condiciones del periodo demostrativo de ahorros. Los ajustes se calculan a partir de los hechos físicos identificados que afectan al consumo de energía y existen dos tipos: ajustes rutinarios y ajustes no rutinarios.

Ajustes no rutinarios: ajustes debido a parámetros que influyen en la energía y que experimentan variaciones no esperadas durante el periodo demostrativo de ahorros. Estos parámetros, conocidos también como factores estáticos, pueden ser el tamaño de la instalación, horas de operación, entre otros.

Ajustes rutinarios: ajustes debido a parámetros que influyen en la energía y que experimentan variaciones esperadas durante el periodo demostrativo de ahorros, como puede ser las condiciones climatológicas o el nivel de producción. Estos parámetros también se conocen como variables independientes.

CAPE: acrónimo de Certificación de Ahorros de Proyectos Energéticos.

Certificación (etapa): proceso técnico-administrativo mediante el cual se realiza un levantamiento y actualización de todos los datos técnicos del proyecto y se evalúan los ahorros reales obtenidos. Una vez actualizados y calculados los ahorros conseguidos a lo largo de un año, se emite un Certificado de Ahorros de Energía Anual.

Certificado de Ahorros de Energía Anual: documento formal que se entrega como resultado de la aprobación de la etapa de Certificación, en el cual se indica tanto información del proyecto como de los ahorros reales alcanzados por el mismo.

Ciente: persona jurídica que solicita a la Entidad Administradora certificar los ahorros de un proyecto energético en particular.

Contrato de Desempeño Energético: instrumentos legales que especifican las condiciones para el desarrollo de proyectos de eficiencia energética, de manera tal que las inversiones realizadas puedan recuperarse a través de los ahorros económicos generados. Las principales modalidades existentes de este tipo de contratos son los Contratos de Ahorros Garantizados y los Contratos de Ahorros Compartidos.

Energía de referencia: consumo de energía que se produce durante el periodo de referencia sin considerar ajustes.

Energía de referencia ajustada: consumo de energía que se produce

durante el periodo de referencia considerando ajustes para las distintas condiciones operativas, es decir, ajustes rutinarios, generalmente a las condiciones del periodo demostrativo de ahorros.

Entidad Administradora: ente encargado de administrar el mecanismo CAPE, asegurando la correcta gestión de las distintas actividades relacionadas con la implementación, operación, difusión, promoción, desarrollo y actualización de la CAPE. Es quien revisa las evaluaciones y emite los Certificados de Ahorros de Energía Anual, mantiene el registro de Evaluadores CAPE actualizado, supervigila y fiscaliza el proceso completo. Este rol es ejercido por la Agencia de Sostenibilidad Energética.

Evaluador CAPE: persona natural acreditada por la Entidad Administradora del mecanismo CAPE, sea trabajador dependiente o independiente. Es el encargado de evaluar y verificar que la información declarada por el Cliente sea verídica, en base a los mecanismos y reglamentos propios de la Certificación. También es el responsable de enviar la información evaluada de las diferentes etapas, para que sea revisada por parte de la Entidad Administradora.

Extensión de la Certificación (Etapa): proceso en el que se realiza la extensión de la certificación de ahorros obtenida por un año adicional, actualizando los ahorros y generando un nuevo certificado.

Factores Estáticos: parámetro que no se espera que cambie de forma regular en el tiempo, y que en el caso de cambiar afectará sobre el consumo de energía de un sistema o de una instalación.

Fecha de Inicio de Operación del Proyecto: fecha en que el sistema nuevo comienza su operación y, por lo tanto, comienza a generar ahorros energéticos.

Fecha Tentativa de Inicio de Operación del Proyecto: fecha esperada en que el sistema nuevo comenzará su operación y, por lo tanto, comenzará a generar ahorros energéticos.

Guía de Estudio para Evaluadores CAPE: documento que resume los principales conocimientos que debe manejar el postulante a Evaluador CAPE. Sirve como material de estudio para la preparación del examen para acreditarse como Evaluador CAPE.

Herramienta de Evaluación: herramienta web diseñada para realizar el proceso de certificación de ahorros de proyectos energéticos en base a los reglamentos establecidos por el propio mecanismo.

Informe de Aceptación/Rechazo de Pre-Certificación: documento técnico e informativo que se entrega como resultado de la revisión de los antecedentes de la Evaluación realizada por el Evaluador CAPE en la etapa de Pre-Certificación.

Informe Final de Ahorros Energéticos: documento técnico e informativo que resume los principales aspectos del proceso de medición y verificación realizado y del análisis de los ahorros obtenidos durante el periodo demostrativo de ahorros.

Inicio de Operación del Proyecto: se entiende como el hito en el que el proyecto nuevo comienza a generar ahorros energéticos.

Instalación: edificio, o planta industrial, que tiene varios sistemas o equipos que consumen energía. Una parte o una sección, dentro de la instalación más grande, pueden ser tratadas como una instalación independiente si dispone de un equipo de medición independiente que mida toda su energía.

IPMVP: acrónimo de Protocolo Internacional de Medida y Verificación por sus siglas en inglés (International Performance Measurement and Verification Protocol). Es un protocolo estándar y reconocido internacionalmente para cuantificar los resultados de proyectos o programa energéticos que buscan mejorar el desempeño energético.

Límite de medición: límite conceptual que se establece alrededor de los equipos, o sistemas, para separar los hechos que son relevantes en la determinación de los ahorros de los que no lo son. Todos los consumos de los equipos, o sistemas, que estén dentro del límite de medición deben ser medidos y/o estimados, independientemente de que el consumo esté dentro o no de ese límite.

Manual de Herramienta de Evaluación: documento técnico que indica en detalle cómo utilizar correctamente la Herramienta de Evaluación de la CAPE.

Manual de Implementación: principal documento que entrega la información general de la CAPE.

Manual de Normas Gráficas: documento técnico que indica la manera correcta de hacer uso de la marca de la CAPE.

Medición y Verificación (M&V): proceso sistemático para determinar de manera confiable los ahorros de energía como resultado de la implementación de uno o más proyectos energéticos, lo anterior en base a la utilización de mediciones. El ahorro no se puede medir de forma directa, ya que representa la ausencia del consumo. El ahorro se determina comparando el consumo antes y después de la implementación de un proyecto, realizando los ajustes necesarios según los cambios de las condiciones.

Periodo de referencia: periodo de tiempo previo a la fecha de inicio de operación del proyecto energético, el cual debe ser representativo de la operación normal de los sistemas, antes de la implementación de dicho proyecto. Para el caso particular de la CAPE, este periodo tiene una duración de doce meses continuos.

Periodo demostrativo de ahorros: periodo de tiempo posterior a la fecha de inicio de operación del proyecto energético, en el cual se determinarán los ahorros energéticos. Para el caso particular de la CAPE este periodo tiene una duración de doce meses continuos.

Pre-Certificación (etapa): evaluación técnico-administrativa de la metodología de Medición y Verificación de un proyecto energético para determinar la factibilidad de certificar los ahorros energéticos del mismo, así como también de la información de respaldo y administrativa.

Proyecto Energético: para la CAPE se entiende como proyecto energético, aquel proyecto, tanto de eficiencia energética como de energía renovable, que genere un consumo evitado de energía en sus instalaciones y que cuenten con información real y verificable de consumos energéticos.

Registro de Evaluadores CAPE: registro de profesionales que han sido acreditados por el mecanismo CAPE para ejercer como Evaluadores CAPE. Dicho registro cuenta la información suficiente para que los Evaluadores CAPE puedan ser contactados por los Clientes.

Registro de Proyectos Certificados: registro que proporciona información general de los proyectos certificados y sus resultados, resguardando la información confidencial de los Clientes.

Reglamento de Acreditación de Evaluadores CAPE: documento reglamentario que indica tanto los procedimientos como actividades asociadas a la obtención de la acreditación de Evaluador CAPE y pertenecer al Registro de Evaluadores CAPE.

Reglamento de Fiscalización de Proyectos: documento reglamentario que indica tanto los procedimientos de fiscalización como las eventuales infracciones y sanciones.

Reglamento de la Certificación: documento reglamentario que indica tanto los procedimientos como actividades asociadas a las etapas y actividades de ejecución de la CAPE.

Reporte Parcial de Resultados Aprobado / Rechazado: documento técnico e informativo que informa sobre el estado de los ahorros del proyecto desde la fecha de inicio del periodo demostrativo de ahorros, hasta la fecha de la última información enviada por el Evaluador CAPE. Dichos reportes se generarán a partir de la evaluación del Evaluador CAPE correspondiente y la aprobación de la Entidad Administradora.

Solicitud de Certificación: proceso formal en el que el Cliente indica a la Entidad Administradora que desea iniciar la etapa de Certificación. Lo anterior se realiza mediante la Herramienta de Evaluación indicando la información solicitada según los reglamentos respectivos y el comprobante de arancel de dicha etapa.

Solicitud de Extensión de Certificación: proceso formal en el que el Cliente indica a la Entidad Administradora que desea iniciar la etapa de Extensión de Certificación. Lo anterior se realiza mediante la Herramienta de Evaluación, entregando la información solicitada según los reglamentos respectivos y el comprobante de arancel de dicha etapa.

Solicitud de Pre-Certificación: proceso formal en el que el Cliente indica a la Entidad Administradora que desea iniciar la etapa de Pre-Certificación. Lo anterior se realiza mediante la Herramienta de Evaluación, entregando la información solicitada según los reglamentos respectivos y el comprobante de arancel de dicha etapa.

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



Agencia de
Sostenibilidad
Energética

HuellaChile
Programa de Gestión del Carbono



ANESCO CHILE A.G.

Proyecto apoyado por

CORFO



Gobierno
de Chile

gob.cl

Ministerio de
Energía

Gobierno de Chile

Ministerio del
Medio
Ambiente

Gobierno de Chile