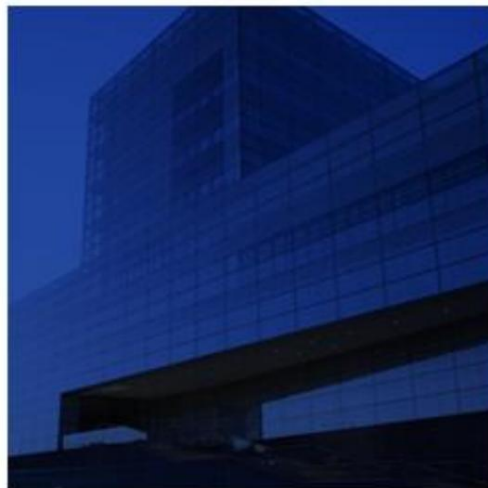
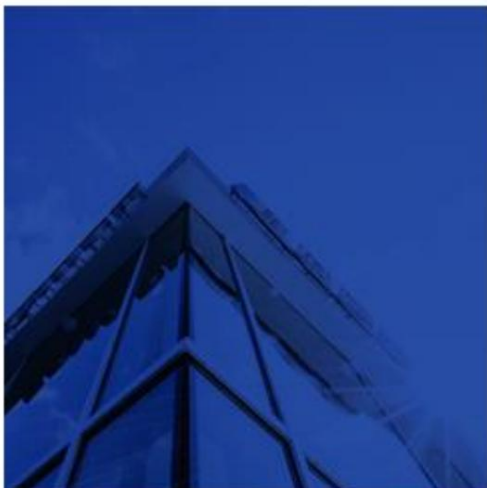


Protocolo internacional de medición y verificación del desempeño (IPMVP®)

—
Conceptos básicos



MARZO 2022
EVO 10000 – 1:2022



DESEMPEÑO INTERNACIONAL MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN PROTOCOLO (IPMVP®)

CONCEPTOS BÁSICOS

MARZO 2022

EVO 10000 – 1:2022

© 2022 Organización de Valoración de Eficiencia (EVO). Reservados todos los derechos. Este documento no puede reproducirse ni alterarse, total o parcialmente, y no puede usarse ni difundirse, total o parcialmente, en relación con ningún curso o seminario de capacitación comercial, ya sea en forma impresa, digital o de otro tipo. sin el consentimiento previo por escrito de EVO.

PREFACIO

Desde el inicio de la primera publicación del Protocolo Internacional de Medición y Verificación del Desempeño (IPMVP®), el objetivo de sus creadores fue desarrollar un enfoque de consenso para medir y verificar las inversiones en eficiencia para facilitar un compromiso global ampliado en materia de eficiencia energética.

El propósito del IPMVP es reducir las barreras a las industrias de eficiencia energética y hídrica. Inicialmente adoptado ampliamente por las empresas de servicios energéticos, el IPMVP ahora lo utilizan las empresas de servicios públicos y las agencias gubernamentales para sus programas de incentivos de gestión del lado de la demanda y los administradores industriales, de construcción y de fabricación para evaluar y mejorar el desempeño de sus instalaciones. Cada vez más, las instituciones financieras comprenden las ventajas de utilizar el IPMVP como marco de reducción de riesgos para sus inversiones.

En el contexto de la transición energética global hacia una economía baja en carbono, el IPMVP también ofrece un enfoque consistente para medir y verificar la reducción de las emisiones de carbono en una amplia gama de sectores energéticos, incluidos diferentes tipos de instalaciones, aplicaciones industriales y energías renovables.

Como marco principalmente no prescriptivo, el IPMVP proporciona una descripción general de las mejores prácticas actuales de M&V sin dejar de ser flexible. También es un documento vivo cuyas metodologías y procedimientos permiten que el protocolo evolucione y refleje las necesidades actuales y nuevas del mercado.

El IPMVP es propiedad y está mantenido por Efficiency Valuation Organization (EVO®), una organización sin fines de lucro cuyos productos y servicios ayudan a las personas a diseñar e invertir en proyectos de eficiencia energética.

La visión de EVO es crear un mundo que confíe en la eficiencia energética como un recurso energético confiable y sostenible. La misión de EVO es garantizar que los ahorros y el impacto de los proyectos de eficiencia y sostenibilidad energética se midan y verifiquen con precisión.

EVO es la única organización a nivel mundial con un enfoque exclusivo en medición y verificación (M&V).

Las actividades de EVO abarcan tres campos importantes: desarrollo de protocolos de M&V, programas educativos y de capacitación de M&V y certificación de profesionales de la industria. Para lograr su misión y visión, EVO confía en el vasto conocimiento y experiencia de un equipo internacional de más de cien profesionales e instructores de M&V.

Protocolos M&V

El IPMVP es el protocolo internacional líder en M&V. Lo mantiene y actualiza el Comité IPMVP de EVO, un grupo de profesionales de la industria que ofrecen su tiempo como voluntarios y a quienes estamos en deuda por mantener el protocolo actualizado y realizar revisiones y actualizaciones periódicas.

Además de los conceptos básicos de IPMVP, EVO también desarrolla y publica varias aplicaciones IPMVP.

guías sobre diferentes temas como eventos y ajustes no rutinarios, evaluaciones de incertidumbre y estadísticas de M&V, M&V de contratación de rendimiento energético, aplicaciones de agua, evaluación, medición y verificación, etc. EVO también publica el Protocolo Internacional de Financiación de Eficiencia Energética (IEEFP).

Capacitación en M&V

EVO tiene muchos materiales de capacitación actuales que van desde una introducción de una hora al seminario web de M&V hasta cursos extensos completamente desarrollados. El programa de formación insignia de EVO es M&V Fundamentals e IPMVP curso implementado durante más de una década. Hasta la fecha, alrededor de 15.000 personas asistieron al programa de formación en todo el mundo. Esta formación se imparte en varios idiomas gracias a una red de socios de formación locales y nacionales en todos los continentes. EVO incorporó recientemente a su cartera de formación el M&V Planning en

Curso de práctica . Este curso, que se puso a prueba con éxito en 2021, también está disponible a través de los socios de formación de EVO. Estos dos programas de capacitación son fundamentales para las certificaciones PMVA y PMVE que se describen a continuación.

Además de estos cursos de certificación, EVO también ofrece capacitación avanzada y temática que cubre una variedad de temas relacionados con M&V, como ISO 50006, ISO 50015, ISO 50047, Opción avanzada D para profesionales de M&V, Estadísticas avanzadas, M&V y medición, Efectos interactivos, Financiamiento de Eficiencia Energética, y muchos otros. El desarrollo de estos recursos está asegurado por el Comité de Formación de EVO y diversos subcomités temáticos y ad hoc integrados por instructores de M&V aprobados por EVO.

Certificación M&V

En 2019, EVO realizó una encuesta global para buscar aportes de la industria para guiar las futuras actividades de desarrollo de productos de M&V de EVO. Un mensaje contundente que surgió de esta encuesta fue que EVO mejore continuamente los conocimientos, las habilidades y las capacidades de los profesionales de M&V. Este mensaje estaba en línea con la opinión de nuestro equipo internacional de instructores de M&V de que el programa de capacitación M&V Fundamentals e IPMVP vigente hasta entonces no era suficiente y que era necesario un curso avanzado y una certificación sobre planificación de M&V.

Para reflexionar sobre el resultado de la encuesta, EVO creó en 2022 dos nuevos programas de certificación para profesionales de M&V.



La certificación Performance Measurement and Verification Analyst (PMVA) establece el estándar IPMVP para personas que aplican conceptos de rendimiento, medición y verificación a proyectos de eficiencia energética. Este es el programa oficial de capacitación y certificación de IPMVP para los fundamentos de M&V. Los PMVA suelen desempeñar una función de analista para ESCO, administración pública, servicios

públicos e instituciones financieras y participan en el diseño e implementación de programas de eficiencia energética y en la financiación de proyectos de eficiencia energética. Han demostrado capacidades de M&V, incluida una buena comprensión de la aplicación del IPMVP para determinar los ahorros. Los PMVA podrían ser tecnólogos de la construcción, especialistas en HVAC, ingenieros, arquitectos, economistas, analistas financieros, etc.



La certificación profesional Performance Measurement and Verification Expert (PMVE) establece el estándar IPMVP para personas dedicadas a la preparación o análisis de planes de medición y verificación. Los PMVE suelen trabajar como especialistas en M&V y diseñan, elaboran e implementan planes de M&V para

proyectos integrales y complejos de eficiencia energética. Los PMVE también trabajan como consultores y facilitadores de proyectos para administradores de instalaciones y propietarios de edificios. Los PMVE trabajan como analistas senior de M&V para la administración pública, servicios públicos e instituciones financieras. Los PMVE suelen tener experiencia aplicada avanzada en diversos aspectos de M&V y son capaces de preparar/impugnar planes e informes de M&V. La mayoría de los PMVE tendrán un título técnico y un conocimiento sólido de diversas medidas de eficiencia energética.

Las certificaciones PMVA y PMVE de EVO se obtienen exclusivamente mediante el trabajo demostrado de M&V en el campo logrado a través de educación relevante, experiencia y experiencia profesional en M&V.

Para obtener más detalles y actualizaciones sobre el protocolo, la capacitación y las actividades y programas de certificación de EVO, visite el sitio web de EVO en: www.evo-world.org

AGRADECIMIENTOS

Esta edición del Protocolo Internacional de Medición y Verificación del Desempeño (IPMVP®) marca el 25º aniversario de los protocolos y directrices relevantes de medición y verificación del ahorro de energía y agua (M&V) más reconocidos. El IPMVP es propiedad y está mantenido actualmente por la Organización de Valoración de Eficiencia (EVO®).

Esta actualización del IPMVP representa el resultado de un proceso de revisión legal de cinco años que recopiló aportes de los comités técnico y de capacitación del IPMVP, los instructores aprobados de EVO y muchas otras partes interesadas en todo el mundo. Cientos de comentarios individuales fueron recibidos, analizados y discutido con la perspectiva de su inclusión en los conceptos básicos de IPMVP o en una de las muchas guías de aplicación de IPMVP existentes o futuras.

Miembros del Comité IPMVP

El trabajo de revisión fue coordinado bajo los auspicios del Comité IPMVP de EVO bajo la dirección de Tracy Phillips, presidenta, Margaret Selig, vicepresidenta, y Lia Webster, miembro desde hace mucho tiempo del comité. Se desempeñó como editora principal y coordinó el trabajo de grupos y subcomités ad hoc durante todo el proceso de revisión. Los miembros del Comité IPMVP que participaron en este proyecto incluyen a Todd Amundson, Jim Bradford, Gregory Bonser, Phil Combs, Luis Castanheira, Shankar Earni, David Jump, David Korn, Ken Lau, Eric Mazzi, Scott Noyes, Jesse Smith, Kevin Warren y Jim. Zarske.

Otros contribuyentes

Gracias a las siguientes personas por su revisión técnica y sus aportes en varias etapas del proceso de revisión: Zahra Abbasi, Chris Balbach, Paul Calberg Ellen, Donald Chu, Sandeep Dahiya, Alberto Escofet, Jon Feldman, Ignace de Francqueville, Daniele Forni, Dakers Gowans. , Dolf Van Hattem, Nick Keegan, Eunjung Kim, Bill Koran, Steve Kromer, Daniel Magnet, Leo Mba, Rajvant Nijhar, Cory Read, Bruce Rowse, Christo A van der Merwe, Vilnis Vesma, Hilary Woods.

Gracias a la Junta Directiva de EVO por aprobar los recursos necesarios para esta actualización: Mark Lister (Presidente), Donal Gilligan (Vicepresidente), Thomas K. Dreessen (Tesorero), Laura Van Wie McGrory (Secretaria), Pierre Langlois (Expresidente), Phil Coleman (Miembro); y al personal de EVO por gestionar el proceso durante muchos años: Desislava Borisova, Mónica Pérez Ortiz y Denis Tanguay.

CAMBIOS EN ESTA EDICIÓN

Este documento reemplaza las versiones anteriores del IPMVP, que incluyen: Conceptos básicos del IPMVP de 2016 (EVO 10000 – 1:2016), Problemas y ejemplos de medición y verificación del IPMVP (EVO 10300 – 1:2019) y Principios de M&V generalmente aceptados del IPMVP 2018.

Como documento vivo, cada nueva versión del IPMVP incorpora cambios y mejoras que reflejan nuevas investigaciones, metodologías mejoradas y datos de M&V mejorados. Los principales cambios de esta edición se resumen a continuación.

- Se actualizó el nombre de la Opción A para Aislamiento de modernización, Mediciones de parámetros clave para que incluyan múltiples parámetros clave. Opción B aclarada: Aislamiento de actualización; la medición de todos los parámetros requiere una medición continua. Se agregaron discusiones sobre fuentes de incertidumbre en los ahorros para cada opción de IPMVP.
- Se agregó contenido a la Sección 13: Plan de M&V y requisitos de informes sobre verificación operativa, requisitos adicionales para la Opción A y la Opción C, y relacionados con la precisión de los ahorros.
- Contenido incorporado de Problemas y ejemplos de 2016 en la Sección 5 – Proceso de M&V, Sección 11 – Ahorro de costos y Sección 12: Problemas comunes de M&V.
- Contenido consolidado y aclaraciones agregadas (por ejemplo, límite de medición, selección de opciones, cumplimiento del IPMVP, gestión de riesgos).
- Figuras, tablas y ecuaciones agregadas y actualizadas. Se eliminaron o actualizaron ecuaciones de ahorro específicas de las opciones, se agregó una ecuación simplificada para ahorros de energía normalizados, se actualizaron ecuaciones simplificadas para "ajustarlas rutinariamente" cuando corresponda para mantener la coherencia, y se incluyeron nombres y números para las ecuaciones.
- Incluyó elementos adicionales en Términos y Definiciones, principalmente de IPMVP 2012. Definiciones actualizadas y verificación de coherencia en las Guías de Aplicación de IPMVP y otros recursos relacionados con M&V, incluida la aclaración de que los factores estáticos impactantes pueden estar fuera de los límites de medición.
- Contenido agregado o actualizado que incluye: Sección 12.2 – Métodos avanzados de M&V, 12.3 – Ahorros de demanda, Sección 12.6 – Estadísticas de M&V, 12.7 – Generación y almacenamiento de energía en el sitio, 12.8 – Contratos de desempeño de servicios energéticos (ESPC), 12.9 – Programas gubernamentales y de servicios públicos, 12.10 – Agua.

TABLA DE CONTENIDO

PREFACIO.....	1
Agradecimientos.....	3
Cambios en esta edición.....	4
Tabla de contenido.....	5
1. alcance.....	9
2. Términos y definiciones.....	10
3. Definición y Propósitos de M&V	14
3.1. Propósitos de M&V	dieciséis
4. Principios de M&V	17
5. Proceso de M&V.....	18
5.1. Revisión por un verificador independiente	20
6. Cumplimiento del IPMVP	21
7. Marco IPMVP	22
7.1. Límite de medición	23
7.2. Periodos de medición.....	24
7.2.1. Período de referencia.....	24
7.2.2. Período de instalación.....	25
7.2.3. Período de información	25
7.2.4. Períodos de medición adyacentes (Prueba “encendido/apagado”).....	26
7.3. Condiciones del período base.....	26
7.4. Métodos de ajuste.....	27
7.4.1. Ajustes de rutina	27
7.4.2. Ajustes no rutinarios	27
7.5. Enfoques de contabilidad del ahorro.....	28
7.5.1. Consumo o demanda de energía evitado.....	28
7.5.2. Ahorro de energía normalizado.....	30
7.6. Verificación operativa.....	31
8. Consideraciones para la selección de opciones de IPMVP.....	33
8.1. Características típicas del proyecto para las opciones de IPMVP.....	33
8.2. Granularidad del ahorro.....	35
8.3. Nivel de efectos interactivos.....	35
8.4. Mediciones de energía requeridas	35
8.5. Estabilidad de las operaciones.....	36
8.6. Limitaciones de costos de M&V.....	37
8.7. Contexto del proyecto y responsabilidades de las partes interesadas.....	38
8.8. Uso de métodos de aislamiento de modernización.....	38
9. Opciones de IPMVP.....	41

9.1. Opción A: Aislamiento de modernización, medición de parámetros clave	41
9.1.1. Valores medidos y estimados	41
9.1.2. Verificación de la instalación.....	42
9.1.3. Cálculos.....	42
9.1.4. Mejores aplicaciones.....	42
9.2. Opción B: Aislamiento de modernización, medición de todos los parámetros.....	43
9.2.1. Cálculos para la opción B.....	43
9.2.2. Mejores aplicaciones.....	43
9.3. Opción C: Instalación completa	43
9.3.1. Datos del medidor de servicios públicos	45
9.3.2. Problemas con los datos energéticos.....	45
9.3.3. Variables independientes.....	46
9.3.4. Cálculos y modelos matemáticos.....	47
9.3.5. Mejores aplicaciones.....	47
9.4. Opción D: Simulación calibrada	48
9.4.1. Tipos de programas de simulación	48
9.4.2. Cálculos.....	52
9.4.3. Mejores aplicaciones.....	53
10. Costo de M&V y rigor en los ahorros	56
10.1. Costo de M&V.....	56
10.2. Manejar la incertidumbre	57
10.3. Equilibrando rigor y costo.....	58
11. Ahorro de costos	60
11.1. Costos totales.....	60
11.2. Precios marginales y por tiempo de uso.....	60
11.3. Listas de precios.....	61
11.4. Estimación de valores futuros.....	61
11.5. Cambio de combustible y cambios en el calendario de precios.....	62
12. Problemas comunes de M&V.....	63
12.1. Eventos y ajustes no rutinarios.....	63
12.1.1. Condiciones mínimas de funcionamiento	64
12.2. Métodos avanzados de M&V.....	64
12.3. Ahorros a la vista.....	sesenta y cinco
12.4. Problemas de submedición.....	66
12.4.1. Mediciones de electricidad.....	66
12.4.2. Calibración del medidor.....	67
12.5. Problemas de datos.....	67
12.5.1. Datos faltantes o perdidos.....	67
12.5.2. Uso de Sistemas de Monitoreo y Control para la Recolección de Datos.....	67
12.6. Estadísticas de M&V	68
12.6.1. Uso de niveles de confianza e intervalos de confianza.....	68

12.6.2. Evaluación de resultados.....	69
12.6.3. Dígitos significativos y redondeo.....	70
12.7. Generación y almacenamiento de energía en sitio.....	71
12.8. Contratos de desempeño de servicios energéticos (ESPC)	71
12.9. Programas gubernamentales y de servicios públicos.....	72
12.9.1. Evaluación, Medición y Verificación (EM&V).....	73
12.10. Agua	73
12.11. Cuantificación de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).....	74
12.12. Persistencia del ahorro.....	76
13. Plan de M&V y requisitos de presentación de informes.....	76
13.1. Requisitos del plan M&V.....	76
13.1.1. Descripción general de las instalaciones y del proyecto.....	76
13.1.2. Intención de la medida de eficiencia energética.....	76
13.1.3. Opción IPMVP seleccionada y límite de medición.....	77
13.1.4. Energía y condiciones del período de referencia	77
13.1.5. Requisitos de verificación operativa.....	78
13.1.6. Período(s) de informe.....	78
13.1.7. Bases para el ajuste.....	78
13.1.8. Metodología de cálculo y procedimiento de análisis	79
13.1.9. Ahorro de costos.....	79
13.1.10. Detalles de medición.....	80
13.1.11. Responsabilidades de seguimiento y presentación de informes	80
13.1.12. Precisión esperada	80
13.1.13. Presupuesto de M&V.....	81
13.1.14. Formato del informe M&V.....	81
13.1.15. Seguro de calidad	81
13.2. Requisitos adicionales de M&V.....	81
13.2.1. Opción A - Requisitos adicionales.....	81
13.2.2. Opción C – Requisitos adicionales.....	82
13.2.3. Opción D - Requisitos adicionales.....	82
13.3. Requisitos de informes de M&V.....	83
13.3.1. Descripción general del informe M&V.....	83
13.3.2. Antecedentes del proyecto.....	83
13.3.3. Actividades de recopilación de datos de M&V realizadas durante el período de informe actual	84
13.3.4. Cálculos y Metodología del Ahorro	84
13.3.5. Ahorros verificados.....	84
13.3.6. Información adicional requerida.....	84

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1: Ecuación General para Determinar el Ahorro.....	22 Ecuación
2: Ecuación primaria de ahorro del IPMVP	28 Ecuación
3: Ecuación fundamental para el consumo de energía evitado mediante pronósticos	29 Ecuación 4:
Ecuación simplificada para el consumo de energía evitado mediante pronósticos	29 Ecuación 5:
Ecuación fundamental para el consumo de energía evitado usando Backcasting.....	29 Ecuación 6:
Ecuación simplificada para el consumo de energía evitado usando Backcasting.....	30 Ecuación 7:
Ecuación fundamental para el ahorro de energía normalizado.....	30 Ecuación 8:
Ecuación simplificada para ahorros de energía normalizados.....	31 Ecuación 9: Ahorros en las
opciones A/B cuando se realizan ajustes No requerido.....	39 Ecuación 10: Ecuación
simplificada para el consumo de energía evitado usando la opción D en construcciones	
nuevas	52
Ecuación 11: Ahorro de costos utilizando el método de costos totales.....	59

Lista de figuras

Figura 1: Ejemplo de cronograma del proyecto (actividades de M&V en negrita*).....	15
Figura 2: Ahorros o Consumo o Demanda de Energía Evitado... ..	22 Figura 3:
Límites de medición del aislamiento de toda la instalación y modernización	23 Figura 4:
Descripción general de las opciones de IPMVP.....	23
Figura 5: Tipos de ahorros....	28 Figura 6: El
nivel de ahorro generalmente limita los costos de M&V.....	58

Lista de tablas

Tabla 1: Propósitos de M&V	16 Tabla
2: Descripción general del proceso de elaboración de informes y diseño de M&V.....	18
Tabla 3: Enfoques de verificación operativa.....	32 Tabla 4:
Elementos clave de las opciones de IPMVP	33 Tabla 5:
Características típicas del proyecto y opciones de IPMVP comúnmente preferidas....	34 Tabla 6: Directrices
generales para equilibrar el costo y la incertidumbre en M&V.....	37 Tabla 7: Selección
de opciones de aislamiento de modernización: ejemplos basados en la carga y las horas de funcionamiento... ..	39
Tabla 8: Valores Constantes Establecidos Basados en Mediciones.....	40
Tabla 9: Pasos de calibración para el modelo de simulación	51
Tabla 10: Resumen de opciones de IPMVP.....	53
Cuadro 11: Base de ajuste y tipo de ahorro.....	79

1 ALCANCE

La orientación proporcionada a lo largo de este documento se centra en el “ahorro de energía” y también se puede aplicar a la demanda, el consumo de agua, los ahorros de costos relacionados, las reducciones de emisiones o cualquier otra cantidad que se esté midiendo y verificando. **M&V es fundamental** para el financiamiento de la eficiencia energética, los contratos de desempeño energético, la gestión del desempeño energético, los esfuerzos de contabilidad de GEI y muchos gobiernos y empresas de servicios públicos. programas.

IPMVP proporciona un marco que se utiliza para:

- 1) verificar que un proyecto tenga el potencial de funcionar y ahorrar energía, y
- 2) cuantificar los impactos de energía y costos a nivel del sitio de un proyecto específico.

Ambos componentes son esenciales para la medición y verificación (M&V) del ahorro.

El ahorro de energía en una instalación no se puede medir directamente porque el ahorro representa la ausencia de consumo o demanda. En cambio, los ahorros se basan en mediciones de cada tipo de combustible o fuente de energía impactada dentro de un límite de medición determinado antes y después de implementar un proyecto, haciendo los ajustes adecuados para los cambios en las condiciones.

IPMVP presenta principios y términos comunes ampliamente aceptados como fundamentales para cualquier buen proceso de M&V .

No define las actividades de M&V para todas las aplicaciones. Cada proyecto debe diseñarse individualmente para adaptarse

las necesidades de todas las partes interesadas en la presentación de informes sobre ahorros de energía o agua. Este diseño individual está registrado.

en el Plan M&V del proyecto, y los ahorros se reportan según se define en el mismo. El uso de los principios, el marco, los términos y el proceso del

IPMVP para determinar e informar los ahorros de energía verificados facilita resultados confiables y traducibles.

2. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para este documento, se aplican los siguientes términos y definiciones.

Nota: Para mantener la claridad en el texto, aunque se hacen referencias explícitas a la energía a lo largo del documento (por ejemplo, medidas de eficiencia energética), los métodos descritos para medir y verificar los ahorros de energía se aplican igualmente a las reducciones de la demanda, las medidas de eficiencia del agua, las reducciones de emisiones de GEI, energía renovable, proyectos de almacenamiento de energía u otros proyectos específicos y sus ahorros.

Término	Definición
Línea de base ajustada Energía	La energía del período de referencia, modificada por ajustes rutinarios y no rutinarios, para tener en cuenta los cambios en las condiciones en el período del informe. o condiciones normales definidas.
Energía evitada Consumo	Reducción del consumo de energía, demanda o costo relacionado ocurrido en relación con lo que habría sido la energía (o demanda) medida sin la Medida de Eficiencia Energética, más comúnmente determinada bajo condiciones del período del informe. En algunos casos, se evita el consumo de energía. puede determinarse en condiciones de referencia.
retrospectiva	Método poco utilizado para determinar el consumo de energía evitado donde la energía del período de informe se ajusta a las condiciones del período de referencia.
Base	Refiriéndose a (adjetivo) los sistemas, período de tiempo, uso de energía o condiciones que proporcionan una referencia con la cual se puede comparar el desempeño de una Medida o medidas de Eficiencia Energética .
Ajuste de línea base	Consulte Ajuste no rutinario.
Período de referencia	Un período de tiempo definido elegido para representar la operación de la instalación o sistema antes de la implementación de las Medidas de Eficiencia Energética.
Energía del período de referencia (o Demanda)	Consumo (o demanda) de energía utilizado dentro de un límite de medición definido que ocurre durante el Período de referencia sin ajustes.
Puesta en servicio	Un proceso centrado en la calidad para mejorar la entrega de un proyecto que incluye verificar y documentar que la instalación y sus sistemas y conjuntos estén planificados, diseñados, instalados, probados, operados y mantenidos para cumplir con la intención del diseño.
Nivel de confianza	El nivel de confianza se refiere a la probabilidad de que el rango citado contenga el valor verdadero.
Demanda	Una medida de la velocidad a la que se realiza trabajo o se utiliza energía cuando se aplica a una carga.
Eficiencia energética Medida (EEM)	Una acción o un conjunto de acciones diseñadas para mejorar la eficiencia, reducir el consumo de energía o agua, o gestionar la demanda, y a veces denominada Medida de Conservación de Energía (ECM). En este documento, el término EEM puede incluir agua, GEI, generación y almacenamiento de energía u otros objetivos. proyectos.
Consumo de energía	Cantidad de energía aplicada a una carga en un período de tiempo específico.

Término	Definición
Influencia energética Factores	Condiciones de operación que pueden afectar el uso de energía dentro de un límite de medición, incluidos factores estáticos y variables independientes.
Rendimiento energético Contrato	Un acuerdo entre dos o más partes donde el pago se basa en el logro de resultados específicos, como la mejora del rendimiento energético, la reducción de las emisiones de GEI o los costos de energía, o la recuperación de la inversión dentro de un período determinado.
Uso final de energía	Aplicación de energía para un fin específico que no es la producción, transformación o almacenamiento de energía. (Ejemplos: Ventilación, iluminación, calefacción, refrigeración, transporte, procesos industriales, líneas de producción.)
Valor estimado	Parámetro utilizado en los cálculos de ahorro determinado mediante métodos distintos a la realización de mediciones durante el período de M&V. Los métodos utilizados para estimar los valores pueden variar desde estimaciones de ingeniería derivadas de las calificaciones del fabricante sobre el rendimiento del equipo hasta mediciones realizadas durante un período diferente de M&V. Los valores derivados de pruebas de desempeño de equipos u otras mediciones que no se realicen in situ se consideran estimaciones para efectos del cumplimiento del IPMVP.
Gases de Efecto Invernadero (GEI) Emisiones	Gases que contienen carbono, como el dióxido de carbono y el metano, que son emitido a través de la quema de combustibles fósiles en la producción y distribución de energía. Las emisiones dentro de un límite de medición se pueden expresar como unidades de peso de dióxido de carbono equivalente y, a veces, se denominan genéricamente emisiones de carbono.
Período de instalación	Un período de tiempo definido durante el cual se instalan los EEM planificados.
Variable independiente	Un parámetro que se espera que cambie periódicamente y que tenga un impacto mensurable en el consumo y/o demanda de energía de un sistema o instalación.
Efectos interactivos	Cualquier impacto energético creado por una Medida de Eficiencia Energética que ocurra fuera del Límite de Medición del EEM y no esté capturado en las mediciones de energía.
Parámetros clave	Variable(s) crítica(s) identificada(s) que tienen un impacto significativo en el ahorro de energía asociado con la instalación de una Medida de Eficiencia Energética.
Medición y Verificación (M&V)	Proceso de planificación, medición, recopilación y análisis de datos para verificar y reportar ahorros de energía dentro de una instalación o instalaciones resultantes de la implementación de EEM. Los ahorros comúnmente cuantificados incluyen el consumo de electricidad, la demanda eléctrica, el consumo de gas natural, las emisiones de carbono, el consumo de agua y pueden incluir servicios públicos como vapor, energía generada u otros elementos que se verificarán como parte de un proyecto de sostenibilidad o eficiencia.
Plan M&V	Un documento específico del proyecto que detalla los métodos, procedimientos, análisis y presentación de informes que se realizarán en los períodos de M&V para verificar e informar los ahorros. Los requisitos de IPMVP para los Planes M&V se describen en la Sección 13.
Períodos de M&V	Período de tiempo de interés para un proyecto de M&V, incluidos los períodos de referencia, instalación y presentación de informes.

Término	Definición
Límite de medición	Límites nacionales trazados alrededor de equipos, sistemas o instalaciones para separar aquellos que son relevantes para la determinación del ahorro de aquellos que no lo son. Todo el consumo y/o demanda de energía de los equipos o sistemas utilizados o generados dentro del límite debe medirse o estimarse.
Medida	El proceso de utilizar medidores para recopilar datos sobre el consumo de energía y la demanda. o datos de parámetros clave a lo largo del tiempo mediante mediciones.
Ajustes no rutinarios	Cálculos diseñados individualmente para tener en cuenta los efectos energéticos dentro del Límite de Medición debido a cambios en los Factores Estáticos.
Evento no rutinario	Cambios inesperados en el uso de energía dentro del límite de medición resultantes de cambios en factores estáticos, que no se tienen en cuenta en los cálculos de ahorro de energía y no están relacionados con el proyecto energético objetivo.
Ahorros normalizados	<p>Reducción en el uso, la demanda o el costo de energía que ocurrió en el período del informe, en relación con lo que habría ocurrido si la instalación hubiera sido equipada y operada como lo estaba en el período de referencia pero bajo un conjunto fijo de condiciones normales.</p> <p>Estas condiciones normales pueden ser un promedio de largo plazo o las de cualquier otro período de tiempo elegido (distinto del período de referencia o del informe, lo que resulta en un uso evitado de energía en lugar de ahorros normalizados).</p> <p>La normalización implica el uso de medios estadísticamente válidos para ajustar la energía de referencia y del período de informe a un conjunto común de condiciones significativas.</p>
Verificación Operacional	<p>Verificación de que las Medidas de Eficiencia Energética (EEM) están instaladas y funcionando según lo previsto y tienen el potencial de generar ahorros.</p> <p>La verificación operativa puede implicar inspecciones, mediciones, pruebas de rendimiento funcional y/o tendencias de datos con análisis.</p>
Indicador de rendimiento	Un factor medible relacionado con las condiciones de operación, que se utiliza para evaluar la función de un EEM o sistema.
Período de información	<p>Un período de tiempo definido elegido para verificar y cuantificar los ahorros después de la implementación de una (s) Medida(s) de Eficiencia Energética. M&V se puede realizar durante uno o más períodos de presentación de informes durante los cuales se preparan informes de ahorro individuales.</p> <p>El período del informe puede ser el período total en el que se realiza la M&V después de que se instalan los EEM (por ejemplo, la duración de un contrato basado en el desempeño) o simplemente la duración del tiempo cubierto por un informe de ahorro individual.</p>
Período de informe Energía	Consumo y/o demanda de energía utilizada dentro de una medición definida límite ocurrido durante el Período sobre el que se informa sin ajustes.

Término	Definición
Ajuste de rutina	<p>Un ajuste a los datos de referencia o del período de informe utilizando métodos matemáticos y estadísticos para tener en cuenta los cambios esperados en el consumo o la demanda de energía debido a cambios en las Variables Independientes que afectan el consumo de energía dentro del Límite de Medición .</p>
Ahorros	<p>Valor, en unidades cuantificables, del consumo de energía, demanda, agua, emisiones de gases de efecto invernadero, o reducciones de costos relacionadas, determinadas comparando valores medidos antes y después de la implementación de una(s) medida(s) de eficiencia energética, realizando ajustes rutinarios y no rutinarios adecuados para tener en cuenta los cambios en las condiciones.</p> <p>Los ahorros de energía u otras unidades y cualquier ahorro de costos resultante se pueden informar en forma de Consumo de energía evitado o Ahorros normalizados.</p>
Factores estáticos	<p>Aquellas características de una instalación que afectan el Consumo y/o Demanda de Energía dentro del Límite de Medición definido, que no se espera que cambien y por lo tanto no fueron incluidas como Variables Independientes. Si bien no se espera que cambien, estos factores estáticos deben reconocerse y monitorearse y, si cambian, se deben realizar ajustes no rutinarios.</p> <p>Es posible que sea necesario calcular el valor para tener en cuenta estos cambios.</p> <p>Nota: Estas características pueden incluir características fijas, ambientales, operativas y de mantenimiento.</p>
Incertidumbre en el ahorro	<p>El rango de valores de ahorro en el que se estima que se encuentra el verdadero valor de ahorro, a menudo dado un nivel de confianza estadística. Un valor único no representa adecuadamente el ahorro. La incertidumbre en los ahorros se informa como un rango de valores (incertidumbre absoluta) o como un porcentaje de los ahorros estimados (incertidumbre relativa).</p>

3. DEFINICIÓN Y FINALIDADES DE M&V

“Medición y Verificación” (M&V) es el proceso de planificación, medición, recopilación y análisis de datos para verificar e informar los ahorros de energía dentro de una instalación o instalaciones resultantes de la implementación de EEM. Los ahorros comúnmente cuantificados incluyen el consumo de electricidad, la demanda eléctrica, el consumo de gas natural, las emisiones de carbono, el consumo de agua y pueden incluir servicios públicos como vapor, energía generada u otros elementos que deben verificarse como parte de un proceso de proyecto de sostenibilidad o eficiencia mediante el uso de mediciones para determinar de manera confiable los ahorros creados dentro de una instalación individual mediante la aplicación de Medidas de Eficiencia Energética (EEM). Los ahorros no se pueden medir directamente ya que representan la ausencia de consumo y/o demanda de energía. En cambio, los ahorros se determinan comparando el consumo y/o la demanda medidos antes y después de la implementación de un proyecto, haciendo los ajustes apropiados según los cambios en las condiciones.

-

Las actividades de M&V consisten en algunos o todos los siguientes:

- Evaluar flujos de energía y fuentes de ahorro.
- Instalación, calibración y mantenimiento de medidores.
- Recopilación, almacenamiento y control de calidad de datos.
- Desarrollo de un método de cálculo y estimaciones aceptables.
- Cálculos con datos medidos.
- Planificar y verificar la finalización de la verificación operativa.
- Elaboración de informes, control de calidad y verificación de informes por parte de terceros.

M&V no es sólo una colección de tareas realizadas para ayudar a que un proyecto cumpla con los requisitos de IPMVP. Como se muestra en la Figura 1, las actividades de M&V a menudo se superponen con otros esfuerzos del proyecto relacionados con el desarrollo y la implementación de EEM (por ejemplo, recopilación de datos para identificar EEM y establecer líneas de base de energía, puesta en servicio y verificación operativa de EEM instalados, instalación de sistemas de monitoreo para recopilación de datos, etc.). El proceso de diseño y presentación de informes de M&V es paralelo al proceso de diseño e implementación de EEM, y sus actividades a menudo pueden integrarse.

Las buenas prácticas implican la integración de los esfuerzos de M&V en el proceso de identificación, desarrollo, adquisición, instalación y operación de medidas de eficiencia energética (EEM) siempre que sea posible. Identificar las sinergias del proyecto y establecer roles y responsabilidades de las partes involucradas durante la planificación del proyecto respaldará un esfuerzo coordinado del equipo. Esto puede aprovechar alcances complementarios y controlar los costos relacionados con M&V. Debidamente integrada, cada tarea de M&V sirve para potenciar y mejorar las operaciones de EEM y la persistencia de los ahorros.

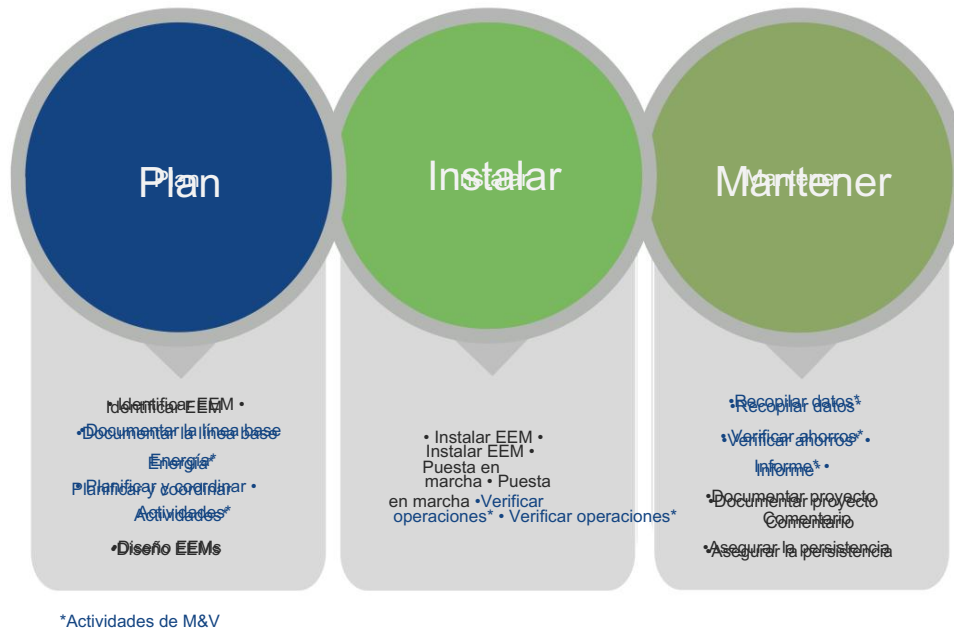


Figura 1: Ejemplo de cronograma del proyecto (actividades de M&V en negrita*)

M&V es una parte fundamental de muchos esfuerzos centrados en la energía, como aquellos que involucran:

- Contratistas de eficiencia energética y sus clientes.
- Diseñadores, gestores y evaluadores de programas de gestión de la demanda de servicios públicos.
- Usuarios de energía que implementan EEM y desean cuantificar los ahorros.
- Los administradores de instalaciones contabilizan adecuadamente las variaciones del presupuesto de energía.
- Administradores de edificios existentes que buscan reconocimiento por la calidad ambiental de su edificio. operaciones.
- Diseñadores de nuevos edificios que deseen dar cuenta de la sostenibilidad de sus diseños. ▪ Desarrolladores de proyectos de eficiencia hídrica. ▪ Diseñadores de programas de comercio de reducción de emisiones. ▪ Usuarios de energía que buscan la certificación ISO 50001.

Los patrocinadores financieros, gerentes de proyectos e implementadores de las aplicaciones anteriores encontrarán utilidad en este documento para establecer un marco compartido y garantizar que se aborden los elementos clave.

3.1. Propósitos de M&V

Los propietarios de instalaciones o las partes interesadas en proyectos de eficiencia energética pueden utilizar técnicas de M&V para múltiples propósitos, incluida la gestión de riesgos.

Tabla 1 – Propósitos de M&V

PROPÓSITOS DE M&V	APLICACIONES
Gestionar proyectos relacionados Riesgos	Un Plan M&V es una herramienta de mitigación de riesgos que se utiliza al implementar proyectos de eficiencia energética. Un plan de M&V cuidadosamente elaborado puede gestionar los riesgos del proyecto para las partes involucradas y al mismo tiempo garantizar que se cumplan los objetivos de desempeño. Equilibrar los riesgos requiere partes interesadas para comprender plenamente los impactos potenciales de las variaciones en los parámetros financieros, operativos y relacionados con el desempeño.
Proporcionar comentarios sobre EEM Eficacia	La determinación precisa de los ahorros de energía obtenidos proporciona a los propietarios y administradores de instalaciones información valiosa sobre sus medidas de eficiencia energética (EEM). Esta retroalimentación les ayuda a ajustar el diseño o las operaciones de EEM para mejorar los ahorros y lograr una mayor persistencia de los ahorros en el tiempo.
Documento financiero Actas	Para algunos proyectos, los ahorros de eficiencia energética forman la base para pagos financieros basados en ahorros y/o una garantía en un contrato de desempeño. Un plan de M&V bien definido e implementado sirve como base para documentar el desempeño de manera transparente. El Plan y los Informes de M&V deben estar sujetos a verificación independiente.
Habilitar financiamiento para Proyectos de Eficiencia	Un buen Plan de M&V aumenta la transparencia y credibilidad de los informes sobre el resultado de las inversiones en eficiencia. También aumenta la credibilidad de las proyecciones sobre el resultado de estas inversiones en eficiencia. Esta credibilidad puede aumentar la confianza que los inversores y patrocinadores tienen en los proyectos de eficiencia energética, mejorando sus posibilidades de ser financiados.
Mejorar el diseño de ingeniería y las operaciones de las instalaciones y Mantenimiento	La preparación de un buen plan de M&V fomenta el diseño integral del proyecto al incluir todos los costos de M&V en la economía del proyecto. Un buen M&V también ayuda a los gerentes a descubrir y reducir los problemas operativos y de mantenimiento para que las instalaciones puedan funcionar de manera más efectiva. Good M&V también proporciona retroalimentación para futuros diseños de proyectos.
Gestionar presupuestos de energía	Incluso cuando no se planifican los ahorros, las técnicas de M&V ayudan a los gerentes a evaluar y gestionar el consumo y la demanda de energía para tener en cuenta las variaciones de los presupuestos. Las técnicas de M&V se utilizan para adaptarse a las condiciones cambiantes de funcionamiento de las instalaciones para establecer presupuestos adecuados y tener en cuenta las variaciones presupuestarias.
Validar emisión Resultados de reducción	La cuantificación verificable de las reducciones de emisiones de carbono proporciona valor adicional a los proyectos de eficiencia y un mayor reconocimiento de los beneficios para los esfuerzos de sostenibilidad.
Evaluación de soporte de Programas de eficiencia	Los programas patrocinados por empresas de servicios públicos o por el gobierno para gestionar el uso de un sistema de suministro de energía pueden utilizar técnicas de M&V para estimar los ahorros en instalaciones específicas de usuarios de energía. Utilizando técnicas estadísticas y otras suposiciones, los ahorros determinados por las actividades de M&V en instalaciones individuales seleccionadas se pueden utilizar en sitios no medidos para evaluar el desempeño de todo el programa.

4. PRINCIPIOS DE M&V

Los principios fundamentales de buenas prácticas de M&V que se describen a continuación proporcionan la base para evaluar el cumplimiento del IPMVP. Estos principios deben considerarse y aplicarse durante todo el proceso de M&V.

PRECISO

Los informes de M&V deben ser tan precisos como se pueda justificar en función del valor y los objetivos del proyecto. Los costos de M&V normalmente deberían ser “pequeños” en relación con el valor monetario de los ahorros que se evalúan. Los gastos de M&V también deben ser consistentes con las implicaciones financieras de informar en exceso o en defecto el desempeño de un proyecto. La precisión y el costo de la metodología M&V deben evaluarse como parte del desarrollo del proyecto. Las compensaciones por la precisión deben ir acompañadas de una mayor prudencia con un mayor uso de valores estimados y suposiciones basadas en un sólido criterio de ingeniería. La consideración de todos los factores razonables que afectan la precisión es un principio rector del IPMVP.

COMPLETO

La presentación de informes sobre ahorros de energía debe considerar todos los efectos de un proyecto. Las actividades de M&V deben utilizar mediciones para cuantificar el uso de energía dentro del límite de medición, documentar los factores que influyen en la energía y detallar cualquier valor estimado. Al identificar áreas clave donde se requiere juicio, IPMVP ayuda a evitar inconsistencias que surgen de la falta de consideración de aspectos importantes.

CONSERVADOR

Cuando se hacen juicios sobre cantidades inciertas, los procedimientos de M&V deben diseñarse para estimar razonablemente los ahorros de manera que no se sobreestimen ni subestimen. Se debe realizar una evaluación del impacto de un proyecto para garantizar que sus beneficios de ahorro de energía sean razonables y conservadores, teniendo debidamente en cuenta el nivel de confianza estadística en la estimación.

COHERENTE

La presentación de informes sobre el desempeño energético de un proyecto debe ser coherente y comparable en:

- Diferentes tipos de proyectos de eficiencia energética
- Diferentes profesionales de gestión energética para cualquier proyecto.
- Diferentes periodos de tiempo para un mismo proyecto
- Proyectos de eficiencia energética y nuevos proyectos de suministro energético

Consistente no significa idéntico, ya que se reconoce que cualquier informe derivado empíricamente implica suposiciones basadas en un sólido juicio de ingeniería, que puede no ser realizado de manera idéntica por todos los informantes.

IMPORTANTE

La determinación de los ahorros debe basarse en mediciones e información actuales relativas a la instalación donde se lleva a cabo el proyecto. Esta determinación del esfuerzo de ahorro debe medir los factores que influyen en la energía y verificar los indicadores de desempeño que sean de interés relacionados con el EEM.

TRANSPARENTE

Todas las actividades de M&V deben documentarse claramente y divulgarse en su totalidad. La divulgación completa debe incluir la presentación de todos los elementos de un Plan M&V e informes de ahorro, y la confirmación de que todas las partes interesadas acuerdan y entienden el Plan M&V. Los datos y la información recopilados, las técnicas de preparación de datos, los algoritmos, las hojas de cálculo, el software, las suposiciones utilizadas y los análisis deben seguir las mejores prácticas estándar de la industria lo más estrechamente posible, estar bien formateados y documentados, de modo que cualquier parte involucrada o revisor independiente pueda entender cómo se recopilan los datos. y análisis se apegó al Plan M&V y a los procedimientos de reporte de ahorros. La transparencia también significa que cualquier posible conflicto de intereses se informa a todas las partes interesadas en el proyecto.

5. PROCESO M&V

El proceso de M&V generalmente implica los siguientes 11 pasos, aunque es posible que no siempre siga esta secuencia y cronograma paso a paso.

Tabla 2: Descripción general del proceso de diseño y presentación de informes de M&V

<p>Paso 1: Determinar los objetivos de los esfuerzos de M&V</p> <p>Paso 2: Seleccione las opciones y enfoques de IPMVP</p> <p>Paso 3: documentar los datos de referencia</p> <p>Paso 4: Desarrollar un plan de M&V</p> <p>Paso 5: Configurar los procesos de medición y recopilación de datos en curso</p>	Período de referencia
<p>Paso 6: monitorear cambios en las condiciones del sitio</p> <p>Paso 7: Confirmar la verificación operativa</p>	Período de instalación
<p>Paso 8: Recopilación continua de datos</p> <p>Paso 9: Determinar los ahorros para el período</p> <p>Paso 10: Informe M&V para el período</p> <p>Paso 11: Realice un seguimiento del rendimiento y los ahorros energéticos</p>	Período de información

Paso 1: Determinar los objetivos de los esfuerzos de M&V

Considere las necesidades de las partes interesadas utilizando los informes de M&V planificados. Evaluar los riesgos del proyecto y Identificar los objetivos del esfuerzo de M&V. Si las partes interesadas se centran en el control general de costos, los métodos de toda la instalación pueden ser los más adecuados. Si la atención se centra en el rendimiento de EEM particulares, las técnicas de aislamiento de modernización pueden ser las más adecuadas.

Paso 2: seleccione las opciones y enfoques de IPMVP

Mientras desarrolla los EEM, seleccione las opciones de IPMVP y defina el límite de medición que mejor se adapte a los EEM o al proyecto general, las necesidades de precisión y granularidad en los ahorros verificados, el nivel de ahorro esperado y el presupuesto para M&V. Una combinación de opciones M&V puede ser más adecuada para algunos proyectos.

Decidir si se realizarán ajustes de todas las cantidades de energía a las condiciones del período del informe o a algún otro conjunto significativo de condiciones. Acordar la duración del período de referencia y los períodos de informe. Estas decisiones fundamentales se escribirán en el Plan M&V del proyecto.

Paso 3: documentar los datos de referencia

Evaluar las EEM planificadas y los factores que influyen en la energía. Recopile datos relevantes de energía y operación del período de referencia y regístrelos de manera que se pueda acceder a ellos en el futuro e incluya detalles relevantes, como se describe en la Sección 13: Plan de M&V y requisitos de informes.

Paso 4 : desarrollar un plan de M&V

Prepare un Plan de M&V que detalle los resultados de los Pasos 1 al 3 y cumpla con el contenido especificado en la Sección 9 : Plan de M&V y requisitos de presentación de informes. Debe definir los pasos posteriores del 5 al 11.

Evaluar la energía de referencia, las variables independientes y la medición. Considere el rigor en el ahorro requerido. Establezca cualquier modelo que se utilizará para realizar ajustes planificados a la energía de referencia. Defina los cálculos de energía, proporcione una justificación para los enfoques utilizados, defina el nivel esperado de esfuerzo o presupuesto.

El Plan M&V final debe ser entendido y aprobado por todas las partes interesadas (por ejemplo, propietario/patrocinador del proyecto y desarrollador del proyecto/agente M&V) y puede adoptarse como términos y condiciones para un proyecto de energía. contrato de desempeño u otro acuerdo.

Paso 5: configurar procesos de medición y recopilación de datos continuos

Como parte del diseño e instalación final del EEM, también diseñe, instale, calibre y ponga en funcionamiento cualquier equipo de medición especial que sea necesario según el Plan M&V.

Paso 6: monitorear cambios en las condiciones del sitio

Durante el período de instalación del EEM, controle los cambios en las condiciones (es decir, factores estáticos) en el sitio que podrían afectar los ahorros.

Paso 7: confirmar la verificación operativa

Después de instalar el EEM, asegúrese de que tenga el potencial de funcionar y lograr ahorros confirmando que se realiza una verificación operativa adecuada según lo requiere el proyecto, que puede incluir varios métodos, desde inspección y mediciones simples hasta un proceso de puesta en servicio completo, dependiendo de la complejidad y los ahorros. de la EEM. La verificación operativa la lleva a cabo la parte instaladora y puede ser supervisada por un tercero, como un agente encargado de la puesta en servicio.

Paso 8: recopilación continua de datos

Reúna energía, datos operativos y detalles de otros factores que influyen en la energía del período del informe, como se define en el Plan M&V.

Paso 9: determinar los ahorros para el período

Calcular el ahorro en energía y unidades monetarias de acuerdo con el Plan M&V.

Paso 10 – Informe M&V para el período

Reportar ahorros verificados de acuerdo con el Plan M&V. Presentar un informe de ahorro a las partes interesadas después de la revisión de terceros.

Paso 11: realizar un seguimiento del rendimiento y los ahorros energéticos

Repita los pasos 8 a 11 durante todo el período del informe de M&V, según lo define el Plan de M&V.

5.1. Revisión por un verificador independiente

La verificación de los ahorros puede ser realizada por una parte independiente, por el propietario o el desarrollador del proyecto. Cuando el propietario de una instalación contrata a un desarrollador de proyecto para implementar EEM e informar sobre los ahorros de energía, el propietario debe considerar un verificador independiente para revisar el Plan M&V y los informes de ahorro. Este verificador independiente debe comenzar revisando el Plan M&V durante su preparación para garantizar que los informes de ahorro satisfagan las expectativas del propietario en cuanto a rigor en los ahorros y mitigación de riesgos.

Un verificador independiente ayudará a garantizar la validez de las mediciones y a prevenir conflictos. Si surgen conflictos, este verificador independiente puede ayudar a resolverlos. Los verificadores independientes suelen ser consultores de ingeniería con experiencia y conocimiento en EEM, M&V y contratación de desempeño energético.

Cuando los pagos dependen del desempeño comprobado, se debe exigir la verificación de un tercero. Esta función debe estipularse en el acuerdo contractual. Además, se debe considerar en el contrato la circunstancia en la que la verificación por parte de un tercero revele elementos insatisfactorios del Plan M&V o del Informe de Ahorros. La revisión de terceros debe ser realizada por un revisor que sea totalmente independiente del autor del Plan M&V (y su organización).

La inclusión de un revisor externo es parte de la realización de actividades de control de calidad. EVO recomienda, pero no exige, que se utilice un profesional calificado para desarrollar y supervisar la implementación de planes y actividades de M&V.

Durante una revisión independiente, además de la verificación de campo de la instalación, el revisor debe realizar las actividades necesarias para observar que el EEM se basa en principios científicos sólidos y que existe evidencia independiente para respaldar cualquier afirmación hecha con respecto a su eficacia.

6. ADHERENCIA AL IPMVP

El IPMVP representa un marco de terminología y métodos para determinar adecuadamente los ahorros de energía o agua y los costos relacionados. El IPMVP guía a los usuarios en el desarrollo de planes e informes de M&V para proyectos específicos. El IPMVP está escrito para permitir flexibilidad en la creación e implementación de procedimientos de M&V mientras se adhiere a los principios de precisión, integridad, conservadurismo, coherencia, relevancia y transparencia (consulte la Sección 4).

La adherencia al IPMVP significa que los ahorros se determinan y reportan de acuerdo con los procedimientos del IPMVP y otros detalles. En concreto, se requieren los siguientes elementos:

- Se evalúan las estimaciones de ahorro de energía del proyecto y el alcance de los EEM para ayudar a seleccionar las opciones y estrategias de M&V apropiadas, y para evaluar el nivel de esfuerzo y costos requeridos para el proceso de M&V.
- Desarrollar un plan de M&V que garantice que el proyecto utilice el marco y los principios del IPMVP y aplique adecuadamente las opciones del IPMVP.
- Desarrollar un Plan M&V completo como se describe en la Sección 13, que:
 - o Define las opciones de IPMVP utilizadas y sigue los requisitos para esas opciones detallada en la Sección 9.
 - o Sigue la versión actual del IPMVP y establece claramente la fecha de publicación o el número de versión de la edición del IPMVP que se sigue (es decir, IPMVP Core Concepts, EVO 10000 – 1:2022).
 - o Utiliza terminología consistente con las definiciones de la versión de IPMVP citada.
 - o Incluye toda la información presentada en la Sección 13: Plan de M&V y requisitos de presentación de informes.
 - o Define el contenido de los informes de ahorro y la frecuencia y duración en que se realizarán los ahorros informados.
 - o Es consistente con los Principios de IPMVP discutidos en la Sección 4.
- Se revisa el Plan M&V para garantizar el cumplimiento de las opciones, procedimientos y principios del IPMVP. La revisión puede ser realizada por un tercero calificado, como se describe en la Sección 5.1.
- El Plan Final de M&V es revisado y aprobado por todas las partes interesadas. Las partes interesadas del proyecto deben comprender y acordar el plan M&V de un proyecto.
- Identificar a la(s) persona(s) responsable(s) de ejecutar el Plan de M&V específico del sitio y de asegurarse de que se siga el Plan de M&V durante el(los) Período(s) de Informe. ▪ Implementar el Plan de M&V adherente al IPMVP acordado y asegurar que se sigan sus procedimientos.
Esto puede incluir la realización de una revisión de control de calidad de todas las actividades de M&V, incluidas inspecciones, mediciones, cálculos e informes. Para cada proyecto, los procedimientos de aseguramiento de la calidad se describen en el Plan M&V.
- Los Informes de Ahorro se desarrollan según el Plan M&V e incluyen todo el contenido especificado en Sección 13.
- Los Informes de Ahorros se revisan para verificar el cumplimiento del Plan M&V y los métodos, procedimientos y principios del IPMVP. La revisión puede ser realizada por un tercero calificado, como se describe en la Sección 5.1.

7. MARCO DEL IPMVP

La energía, la demanda, el agua, las emisiones de gases de efecto invernadero u otros ahorros en una instalación no se pueden medir directamente porque los ahorros representan la ausencia de consumo o demanda de energía/agua. En cambio, los ahorros se determinan comparando el consumo o la demanda de energía medidos antes y después de la implementación de una medida de eficiencia energética (EEM), haciendo los ajustes adecuados para los cambios en las condiciones. La comparación del consumo o la demanda de energía antes y después debe realizarse de manera consistente, utilizando la siguiente ecuación general de M&V que se muestra en la Ecuación 1.

Ecuación 1: Ecuación general para determinar el ahorro

$$\text{Ahorros} = \begin{aligned} & (\text{Período de referencia Energía} \\ & - \text{Energía del período del informe}) \\ & \pm \text{Ajustes} \end{aligned}$$

El término Ajustes en esta ecuación general se utiliza para reformular el uso o la demanda de energía de los períodos de referencia y de informe bajo un conjunto común de condiciones. Los ajustes se realizan utilizando cualquiera de los dos modelos matemáticos o modelos basados en la física (por ejemplo, simulaciones) de consumo y/o demanda de energía.

El término Ajustes distingue los informes de ahorro adecuados de una simple comparación de costos o consumo antes y después de la implementación de una EEM. Las comparaciones simples sin tales ajustes solo informan cambios y no informan el verdadero desempeño de un proyecto.

El marco del IPMVP requiere que ciertas actividades ocurran en puntos clave de este proceso y describe otras actividades importantes que deben incluirse como parte de la práctica de M&V adherente al IPMVP. Esta sección describe dichos elementos clave del marco del IPMVP.

En la Figura 2 se muestra un gráfico general de series de tiempo que representa el consumo o la demanda de energía antes y después de la instalación de un EEM. La energía de referencia ajustada representa la energía del período de referencia +/- Ajustes (de la Ecuación 1) en el Período sobre el que se informa. La diferencia entre la energía de referencia ajustada y la energía del período de informe da como resultado ahorros (es decir, consumo o demanda de energía evitada).

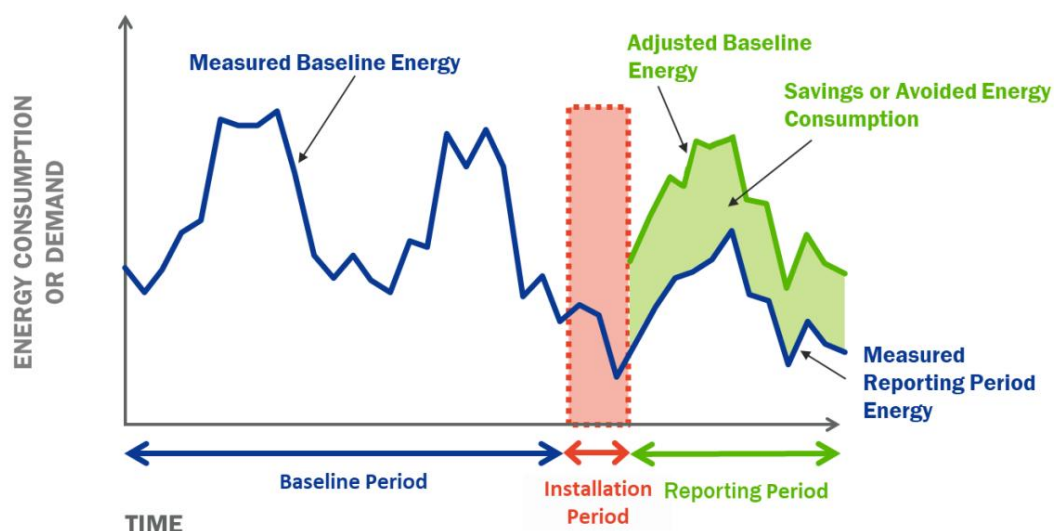


Figura 2: Ahorros o consumo o demanda de energía evitados

7.1. Límite de medición

Los ahorros se pueden determinar para una instalación completa o una parte de una instalación, dependiendo de las características de los EEM y el propósito de la presentación de informes.

El límite de medición se utiliza para aislar el equipo y el uso de energía relacionado que se ven afectados por los EEM de aquellos que no se ven afectados por los EEM. Toda la energía utilizada o generada dentro del límite debe medirse o estimarse utilizando medidores en el límite de medición. Tenga en cuenta que se deben evaluar los flujos de energía de todas las fuentes de energía que cruzan el límite de medición y se deben medir aquellas afectadas por el EEM. Tenga en cuenta que en algunos casos, como en la generación solar in situ, la energía puede fluir en

contrarrestar.

Los dos tipos básicos de límites de medición utilizados son Instalación completa y Aislamiento de modernización, como se muestra en la Figura 3.

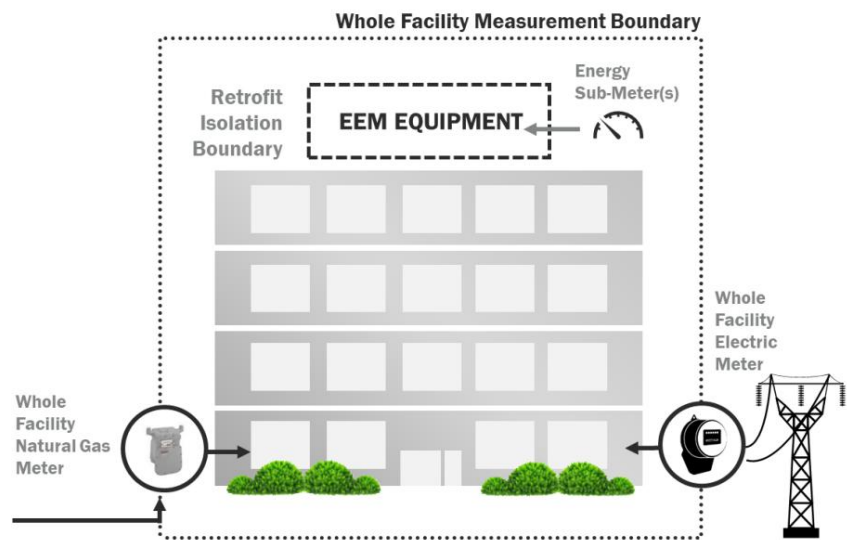


Figura 3: Límites de medición del aislamiento de toda la instalación y modernización

El tipo de límite de medición seleccionado generalmente se alinea con una o más de las cuatro opciones de IPMVP, como se muestra en la Figura 4 (detallada en la Sección 9), e impacta la granularidad de los ahorros reportados y las mediciones requeridas. Se deben considerar los propósitos de los informes de M&V al seleccionar una Opción.

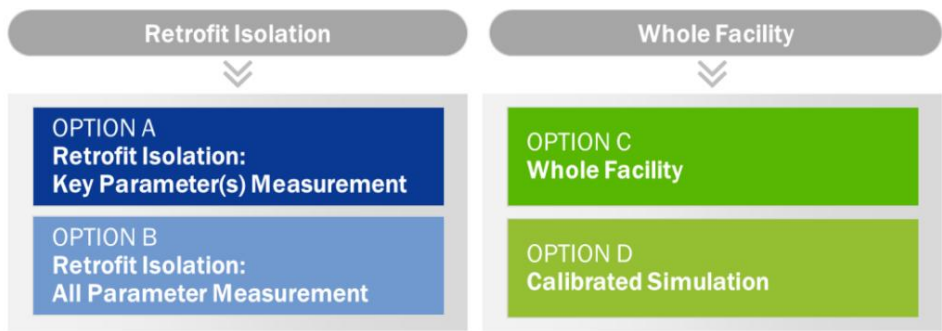


Figura 4: Descripción general de las opciones de IPMVP

Si el propósito del informe es verificar los ahorros de los equipos afectados por el proyecto de eficiencia energética, se debe trazar un límite de medición alrededor de ese equipo y luego se pueden determinar los requisitos de medición para el equipo dentro del límite. El consumo y/o la demanda de energía pueden medirse directamente o determinarse mediante la medición directa de variables clave que pueden

utilizarse de forma fiable para calcular la demanda o el consumo de energía. El enfoque utilizado es una opción de aislamiento de modernización (opción A o B, que se analiza más adelante en esta sección y se detalla en las secciones Opción A: aislamiento de modernización, medición de parámetros clave).

Si el propósito de los informes es verificar y/o ayudar a gestionar el rendimiento energético total de la instalación o verificar los ahorros de múltiples EEM con efectos interactivos, los medidores que miden el suministro de energía a toda la instalación se pueden utilizar para evaluar el rendimiento y los ahorros. El límite de medición, en este caso, abarca toda la instalación. El enfoque utilizado es la Opción C: Instalación completa (definida más adelante en esta Sección).

Si los datos del Período de referencia o del Período de informe no son confiables o no están disponibles (p. ej., construcción nueva), los datos de energía de un modelo de simulación calibrado se pueden aplicar para una parte o para la totalidad de la instalación. El límite de medición se puede trazar en consecuencia. El enfoque utilizado es la Opción D: Simulación calibrada (definida en la Sección 9.4).

Los efectos energéticos creados por EEM que ocurren más allá del límite de medición seleccionado se denominan efectos interactivos. Es necesario estimar o evaluar la magnitud de cualquier efecto interactivo para determinar los ahorros asociados con los EEM. Aunque no se prefieren, los efectos interactivos pueden ignorarse en algunos casos siempre que el Plan M&V incluya discusiones sobre cada efecto, su magnitud probable y que la magnitud sea pequeña en comparación con los ahorros de los efectos primarios. La selección de opciones se detalla en la Sección 8.

7.2. Períodos de medición

7.2.1. Período de referencia

Se debe tener cuidado al seleccionar el período de referencia sobre el cual se realizarán las mediciones de energía del período de referencia. Se toman medidas y se documentan los factores que influyen en la energía. El período de referencia debería:

- Representar todos los modos de operación de la instalación o del equipo durante un ciclo de operación normal.
El período debe abarcar un ciclo operativo completo desde el máximo consumo y demanda de energía hasta el mínimo.
- Incluir sólo períodos de tiempo en los que se conozcan los factores que impactan el uso de energía de la instalación. Estos incluyen variables independientes y factores estáticos (es decir, factores que influyen en la energía).
 - o La extensión de los períodos de referencia hacia atrás en el tiempo para incluir múltiples ciclos de operación requiere el mismo conocimiento de los factores que impactan el uso de energía durante el período de referencia más largo para derivar adecuadamente los ajustes rutinarios y no rutinarios después de la instalación del EEM.
- Coincidir con el periodo inmediatamente anterior a la implantación de las medidas de eficiencia energética.
 - o Es posible que períodos más antiguos no reflejen necesariamente las condiciones existentes antes de la modernización y, por lo tanto, pueden no proporcionar una base de referencia adecuada para medir el efecto solo del EEM.
- Apoyar la planificación EEM.
 - ^{oh} La planificación EEM puede requerir el estudio de un período de tiempo más largo o diferente al elegido para el período de referencia.

Consideraciones sobre los datos energéticos de referencia

- El consumo y la demanda de energía de todo el edificio pueden verse afectados significativamente por las condiciones climáticas. Normalmente, se requiere un año completo de datos mensuales para definir un ciclo operativo completo. Si se utilizan datos de intervalo (horarios o diarios), se puede capturar un ciclo operativo completo en menos de un año si se incluye toda la gama de condiciones climáticas.
- El consumo y demanda de energía de un sistema de aire comprimido sólo podrá regirse por los niveles de producción de la planta, que varían en un ciclo semanal. En este caso, los datos de varias semanas pueden ser todo lo que se necesita para definir el rendimiento de referencia en una gama completa de condiciones operativas.
- La recopilación y documentación de factores estáticos, como las horas de operación programadas, pueden ser críticas para aplicar ajustes en el período de reporte de M&V.

7.2.2. Período de instalación

La duración del período de instalación depende del proyecto y de los EEM. Medidas y sitio

Las inspecciones durante este período pueden usarse para monitorear cambios en factores estáticos que podrían afectar ahorros derivados de las MEE y exigen ajustes no rutinarios.

Dependiendo de las opciones de M&V y del límite de medición seleccionado, las mediciones del período de informe en EEM individuales pueden comenzar después de que se complete la verificación operativa. En algunos casos, pueden ser necesarias disposiciones contractuales específicas para dar cabida a la finalización escalonada de las EEM a lo largo del tiempo.

Los períodos de instalación varían según el proyecto y, en algunos casos, pueden incluir todo o parte del período del informe. (por ejemplo, programas de mejora continua).

7.2.3. Período de información

El desarrollador del Plan M&V debe recomendar la duración del período general del informe del proyecto sobre el cual se tomarán las mediciones, y el período que cubrirá cada informe de ahorro. Los datos de energía recopilados durante este período se compararán con la energía del período de referencia para desarrollar ahorros verificados (como se describe en las siguientes secciones).

El período del informe debe abarcar al menos un ciclo operativo normal completo del equipo o instalación para caracterizar completamente la efectividad del ahorro en los modos operativos normales. El período del informe debe abarcar el seguimiento del desempeño a largo plazo para algunos proyectos, mientras que otros proyectos pueden dejar de informar ahorros verificados después de un período de medición más corto (que va desde lecturas puntuales hasta mediciones tomadas durante uno o varios meses). La duración de cualquier período de informe debe determinarse teniendo debidamente en cuenta la vida útil de los EEM, la probabilidad de degradación de los ahorros logrados originalmente con el tiempo, los costos o los recursos necesarios para realizar actividades de M&V, y los propósitos de los informes de ahorros continuos. La frecuencia y el nivel de detalle informado pueden cambiar con el tiempo, si es necesario.

Si se reduce la frecuencia de las mediciones de desempeño después de la prueba inicial de ahorros, se pueden intensificar otras actividades de monitoreo en el sitio para garantizar que los ahorros se mantengan y se repitan las actividades de verificación operativa.

El Plan M&V debe especificar cuándo esto representa un cambio en las Opciones de IPMVP.

Independientemente de la duración del período del informe, se pueden dejar mediciones para proporcionar retroalimentación de los datos operativos para fines de gestión continua de rutina y para detectar cambios adversos posteriores en el desempeño.

Las mediciones o los ahorros verificados de un período de informe anterior no se pueden utilizar como base para suponer ahorros futuros. (Consulte la Sección 6 de este documento para obtener más información sobre el cumplimiento).

7.2.4. Períodos de medición adyacentes (prueba “encendido/apagado”)

Cuando un EEM se puede activar y desactivar fácilmente, se pueden seleccionar períodos de referencia y períodos de informe que sean adyacentes entre sí en el tiempo. Un cambio en la lógica de control de un sistema es un ejemplo de un EEM que a menudo puede eliminarse y restablecerse fácilmente sin afectar negativamente el funcionamiento de la instalación. Estas pruebas de encendido/apagado implican mediciones de energía con el EEM en vigor e inmediatamente después con el EEM apagado para que regresen las condiciones previas al EEM (línea de base). Este procedimiento se utiliza a menudo cuando no hay suficiente tiempo antes de la implementación de la EEM para recopilar datos suficientes.

Una vez instalados y verificados los EEM, se puede establecer la energía del período de referencia cuando el EEM está “apagado” midiendo el consumo de energía dentro del límite de medición y las variables relacionadas en una gama completa de condiciones operativas. De manera similar, el período del informe es cuando el EEM está “encendido” y debe ser lo suficientemente largo para cubrir el rango de operaciones normales de la instalación, pero las mediciones pueden estar en curso.

Esta técnica se puede aplicar bajo opciones de aislamiento de modernización y de toda la instalación. Sin embargo, los límites de medición deben ubicarse de manera que sea posible detectar fácilmente una diferencia estadísticamente significativa en el consumo o la demanda de energía medidos cuando los EEM se encienden y apagan. Para cubrir el rango normal

De las condiciones de funcionamiento, es posible que sea necesario repetir la prueba de encendido/apagado en diferentes modos de funcionamiento, como varias estaciones o tasas de producción (por ejemplo, encendido durante una semana, apagado durante una semana durante un período de un año). Se deben utilizar ajustes de rutina para garantizar que las condiciones de operación y las duraciones de las mediciones durante los períodos evaluados sean equivalentes, y también pueden ser necesarios ajustes no rutinarios.

Los EEM que se pueden apagar para dichas pruebas pueden correr el riesgo de apagarse accidental o intencionalmente cuando deberían estar encendidos. Se deben hacer esfuerzos para garantizar la persistencia de tales EEM, como repetir periódicamente las actividades de verificación operativa.

7.3. Condiciones del período de referencia

Las condiciones del período de referencia incluyen detalles de la instalación y los sistemas antes de la implementación de las Medidas de Eficiencia Energética. Estas condiciones deben estar bien documentadas porque son un elemento crítico del proceso de M&V y dejan de estar disponibles una vez que se implementa una EEM.

Los datos relacionados con los sistemas y equipos afectados por los EEM, así como las variables independientes y los factores estáticos, deben documentarse correspondientes al período de tiempo para el cual se recopilan datos de referencia sobre el consumo de energía. El alcance de la información requerida está determinado por el EEM planificado, la opción M&V seleccionada, el límite de medición elegido y los factores que influyen en la energía.

Esta información puede incluir variables como datos de producción, temperatura ambiente, presiones operativas de equipos o sistemas, u otras variables recopiladas mediante mediciones puntuales, mediciones a corto o largo plazo o inspecciones del sitio.

De manera similar, es necesario documentar las condiciones predominantes en las instalaciones durante el período de referencia. Normalmente se supone que estas condiciones (es decir, factores estáticos) permanecen constantes durante los períodos de referencia, de instalación y de informe. Si los factores estáticos cambian y afectan sustancialmente los ahorros, el impacto tendrá que abordarse mediante ajustes no rutinarios. Los ejemplos de factores estáticos son múltiples y pueden incluir:

- Equipos y sistemas instalados del tamaño de la instalación.
- Detalles de ocupación por tipo, densidad de ocupación, cargas de equipos y tiempos de funcionamiento de los equipos.
- Condiciones de operación (p. ej., secuencias de control de equipos y puntos de ajuste, niveles de iluminación, niveles de ventilación) para cada modo operativo y temporada.

Es importante identificar cambios pasados y planificados en las condiciones (es decir, factores estáticos) que pueden afectar la energía de referencia o del período de informe. Los cambios pueden incluir cualquier cantidad de elementos, como un aumento en los niveles de ocupación, agregar un turno, cambiar el tamaño de las instalaciones atendidas, agregar equipos o aumentar los niveles de iluminación. Esta información puede afectar el límite de medición seleccionado y ayudar a planificar ajustes no rutinarios (descritos en la Sección 7.4.2).

En algunos casos, es posible que los sistemas o instalaciones existentes no funcionen correctamente, no cumplan con el código o no reflejen las condiciones básicas apropiadas. En estos casos, la energía de referencia se puede ajustar mediante ajustes no rutinarios para que refleje la operación mientras cumple con el código o la operación después de las reparaciones necesarias, como se describe en la Sección 12.1: Eventos y ajustes no rutinarios.

7.4. Métodos de ajuste

Los términos de ajuste en las ecuaciones de ahorro del IPMVP deben calcularse a partir de hechos físicos identificables sobre las características que impactan el uso de energía del equipo dentro del límite de medición. Son posibles dos tipos de ajustes: ajustes de rutina y ajustes no rutinarios.

7.4.1. Ajustes de rutina

Cualquier factor que influya en la energía y que se espere que cambie rutinariamente durante el período del informe que tenga un impacto estadísticamente significativo en el uso de energía en el período de referencia y se espere que permanezca variable en el período del informe debe considerarse para definir la metodología o modelo de ajuste de rutina.

Se debe evaluar la importancia estadística de los factores que influyen, como el clima o el volumen de producción, en relación con el consumo o la demanda de energía.

Las técnicas de ajuste pueden ser tan complejas como usar varias ecuaciones de parámetros múltiples que correlacionan la energía con una o más variables independientes o tan simples como aplicar un valor de energía establecido a una

Se sabe que EEM está en carga constante como lo indica una variable proxy (por ejemplo, consumo de energía del ventilador durante modo de calefacción según lo indicado por los parámetros de funcionamiento registrados). Se deben utilizar técnicas matemáticas válidas para derivar el método de ajuste para cada Plan de M&V.

7.4.2. Ajustes no rutinarios

Para aquellos factores que influyen en la energía y que generalmente no se espera que cambien (por ejemplo, el tamaño de la instalación, el diseño y operación del equipo instalado, el número de turnos de producción semanales o el tipo o número de ocupantes), los factores estáticos asociados deben ser monitoreados para detectar cambios a lo largo del período del informe.

Cuando se identifica un cambio en uno o más factores estáticos que impactan significativamente el uso de energía dentro del límite de medición, esto se convierte en un posible evento no rutinario. Cuando el análisis del evento no rutinario indica un impacto significativo en la magnitud del ahorro de energía, esto justifica hacer un ajuste no rutinario.

Nota: Consulte la Sección 12.1 – Ajustes no rutinarios.

Los ajustes no rutinarios pueden tener potencialmente un impacto significativo en los ahorros declarados; la justificación y el cálculo de los ajustes no rutinarios deben ser acordados entre las partes y documentados.

Por lo tanto, los ahorros se pueden expresar como se muestra en la Ecuación 2 a continuación, que es la ecuación principal del IPMVP.

Ecuación 2: Ecuación primaria de ahorro de IPMVP

Ahorros =	(Período de referencia Energía
–	Energía del período del informe)
±	Ajustes de rutina
±	Ajustes no rutinarios

Tenga en cuenta que los datos de referencia consisten en hechos reales sobre la energía y variables independientes tal como existían durante el período de referencia.

El mecanismo de los ajustes realizados al calcular los ahorros depende de si los ahorros deben declararse en función de las condiciones del período sobre el que se informa, en función de las condiciones del período de referencia o normalizados a algún otro conjunto fijo de condiciones.

7.5. Enfoques de contabilidad de ahorro

Las condiciones operativas que afectan el consumo de energía a menudo difieren entre el período de referencia y el del informe. Es importante que se realicen ajustes confiables para tener en cuenta estos cambios en las condiciones de operación. La base de ajuste especifica las condiciones operativas bajo las cuales se evaluará el ahorro mediante ajustes rutinarios y no rutinarios y se define en el plan de M&V.

La base de ajuste seleccionada determina cómo se ajustarán el consumo y la demanda de energía medidos. Dependiendo de la base del ajuste utilizado, los ahorros de energía se clasifican como Consumo de energía evitado o Ahorros de energía normalizados, como se muestra en la Figura 5.

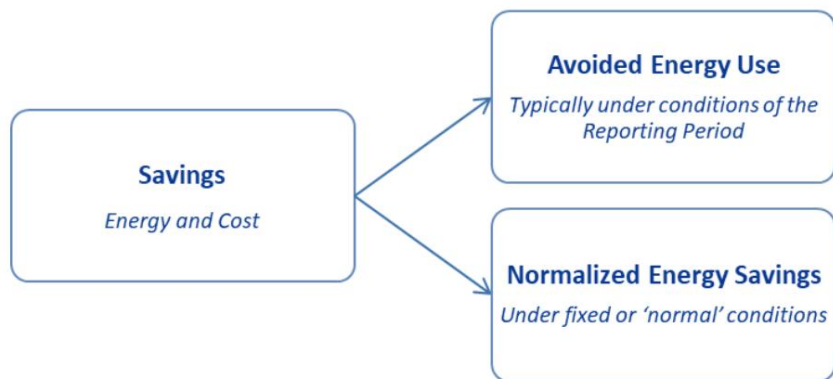


Figura 5: Tipos de ahorro

7.5.1. Consumo o demanda de energía evitado

Los ahorros expresados como consumo o demanda de energía evitados cuantifican las reducciones en relación con lo que habría sido la energía o la demanda medida sin el EEM, más comúnmente en las condiciones del período del informe.

Consumo o demanda de energía evitada:

- Requiere ajustes de rutina a la energía del período de referencia para reflejar las condiciones del período de informe, O, menos comúnmente, se realizan ajustes de rutina a la energía del período de informe para reflejar las condiciones del período de referencia.

- Depende de las condiciones operativas del período sobre el que se informa o de las condiciones operativas del período base. Aunque la energía se puede ajustar adecuadamente utilizando variables independientes como el clima o la producción, los ahorros verificados reportados dependen del uso real de energía y de los datos de variables independientes recopilados durante el período seleccionado como base para el ajuste.

El término pronóstico se utiliza para describir el ajuste de la energía del período de referencia a las condiciones del período de informe. Este estilo común de estimación de ahorros se puede expresar como se muestra en la Ecuación 3.

Ecuación 3: Ecuación fundamental para el consumo de energía evitado mediante pronósticos

Consumo de energía evitado =	(Período de referencia Energía
±	Ajustes de rutina a las condiciones del período de informe
±	Ajustes no rutinarios a las condiciones del período de informe)
–	Energía del período del informe

La energía de referencia ajustada se encuentra frecuentemente desarrollando primero un modelo matemático que correlacione los datos energéticos reales del período de referencia con variables independientes apropiadas en el período de referencia. Luego, las variables independientes de cada período de informe se insertan en este modelo matemático de referencia para producir la energía de referencia ajustada. Este procedimiento se llama pronóstico.

Esta ecuación a menudo se simplifica a la Ecuación 4.

Ecuación 4: Ecuación simplificada para el consumo de energía evitado mediante pronósticos

Consumo de energía evitado =	Energía de referencia ajustada de forma rutinaria
–	Energía del período del informe
±	Ajustes no rutinarios a las condiciones del período de informe

Este proceso de cálculo de ahorros se puede utilizar a la inversa, donde la energía del período de informe se ajusta a las condiciones del período de referencia y los ahorros se determinan según las condiciones de referencia. El término retrospectiva se utiliza para describir este ajuste de la energía del período sobre el que se informa a las condiciones del período base. Aunque es poco común, puede tener sentido utilizar este enfoque cuando hay más datos disponibles en el período del informe que en el período de referencia para desarrollar modelos matemáticos de consumo o demanda de energía (por ejemplo, el medidor de servicios públicos se actualiza para proporcionar datos más frecuentes). Dado que el backcasting puede introducir riesgos debido a la precisión desconocida del modelado del consumo de energía futuro, es una buena práctica utilizarlo como método opcional para el pronóstico. Para este estilo de ahorro, los ahorros se pueden informar como se muestra en la Ecuación 5 y la Ecuación 6.

Ecuación 5: Ecuación fundamental para el consumo de energía evitado mediante Backcasting

Consumo de energía evitado =	Energía del período de referencia
–	(Período de informe Energía
±	Ajustes de rutina a las condiciones del período de referencia
±	Ajustes no rutinarios a las condiciones del período base)

Esta ecuación se puede simplificar a la Ecuación 6.

Ecuación 6: Ecuación simplificada para el consumo de energía evitado mediante Backcasting

Consumo de energía evitado =		Energía del período de referencia
	–	Energía del período de informe ajustada rutinariamente
	±	Ajustes no rutinarios a las condiciones del período base

Se puede considerar otro método menos común para determinar el consumo de energía evitado cuando las condiciones del período del informe están fuera del rango de las condiciones de referencia y dificultan la realización de ajustes de rutina según lo planeado. En estos casos, es posible que sea necesario cambiar la base del ajuste a algunas condiciones del período intermedio que incluyan toda la gama de condiciones (encadenamiento).¹

7.5.2. Ahorro de energía normalizado

Los ahorros de energía normalizados utilizan condiciones distintas a las de los períodos de informe o de referencia como base para el ajuste. Las condiciones pueden ser las de un período representativo acordado o un conjunto de condiciones típicas, promedio o normales como base del ajuste. Los ajustes a un conjunto fijo de condiciones, como los datos meteorológicos del año meteorológico típico (TMY), proporcionan un tipo de ahorro llamado ahorro de energía normalizado. En este método, la energía del período de informe y la energía del período de referencia se ajustan desde sus condiciones reales al conjunto común fijo o normal de condiciones significativas, como se muestra en la Ecuación 7 y la Ecuación 8.

Ahorro energético normalizado:

- Requerir ajustes de rutina a la energía del período de informe y a la energía del período de referencia a un conjunto fijo de condiciones que se establecen una vez y no se modifican.
- Puede compararse directamente con ahorros de otros períodos y EEM en los que los ahorros son predicho bajo el mismo conjunto de condiciones fijas.
- Solo se puede informar después de un ciclo completo de las condiciones operativas del período de informe para que se pueda derivar la correlación matemática entre la energía del período de informe y las condiciones operativas.

Ecuación 7: Ecuación fundamental para el ahorro de energía normalizado

Ahorro de energía normalizado =		(Período de referencia Energía
	±	Ajustes de rutina a condiciones fijas
	±	Ajustes no rutinarios a condiciones fijas)
	–	(Período de informe Energía
	±	Ajustes de rutina a condiciones fijas
	±	Ajustes no rutinarios a condiciones fijas)

¹ El encadenamiento se describe con más detalle en la Guía de aplicación del IPMVP sobre eventos y ajustes no rutinarios.

Ecuación 8: Ecuación simplificada para ahorros de energía normalizados

$$\begin{aligned} \text{Ahorro de energía normalizado} = & \quad (\text{Energía del período de referencia ajustada rutinariamente a condiciones fijas} \\ & \pm \quad \text{Ajustes no rutinarios a condiciones fijas}) \\ & - \quad (\text{Energía del período de informe rutinariamente ajustada a condiciones fijas} \\ & \pm \quad \text{Ajustes no rutinarios a condiciones fijas}) \end{aligned}$$

El cálculo del término de ajuste de rutina del período sobre el que se informa generalmente implica el desarrollo de un modelo matemático que correlaciona la energía del período sobre el que se informa con las variables independientes del período sobre el que se informa. Este modelo se utiliza luego para ajustar la energía del período del informe a las condiciones fijas elegidas. Además, también se utiliza un modelo matemático de energía de referencia para ajustar la energía del período de referencia a las condiciones fijas elegidas.

7.6. Verificación operativa

La verificación operativa consiste en un conjunto de actividades destinadas a garantizar que el EEM esté instalado, puesto en servicio y desempeñando su función prevista. Se requiere confirmación de que las medidas de eficiencia energética están instaladas y funcionando según la intención del diseño y tienen el potencial de funcionar y generar ahorros. Esto puede implicar inspecciones, mediciones, pruebas de rendimiento funcional y/o tendencias de datos con análisis.

Si bien las actividades de verificación operativa pueden no ser responsabilidad del agente de M&V, las actividades de verificación operativa propuestas y la parte responsable deben documentarse en el Plan de M&V y se deben informar los resultados. El desarrollo de los requisitos de verificación operativa brinda la oportunidad de revisar el diseño de ingeniería para garantizar que las estimaciones de ahorro sean realistas y alcanzables.

La verificación operativa sirve como un paso inicial de bajo costo para evaluar el potencial de ahorro y debe realizarse antes de otras actividades de verificación de ahorro posteriores a la instalación. La verificación operativa se puede integrar con los esfuerzos de puesta en servicio. Tanto las tareas de recopilación como de análisis de datos se pueden utilizar para respaldar los esfuerzos cuantitativos de M&V y determinar el desempeño adecuado de los EEM.

En la Tabla 3 se describe una variedad de métodos de verificación operativa. Como se señala en la tabla, la selección del mejor enfoque para la verificación operativa depende de las características del EEM y de la magnitud de los ahorros en riesgo en comparación con el costo de la verificación.

La planificación de las actividades de verificación operativa puede examinar las solicitudes de ahorro y garantizar que se hayan recopilado suficientes datos de referencia. El Plan M&V requiere algunos detalles sobre la verificación operativa, que incluyen:

- Qué datos se recopilarán para confirmar que el EEM esté instalado correctamente y cumpla con la intención del EEM.
- Quién es responsable de realizar estas actividades de verificación.

Detalles adicionales que puede ser útil especificar son los datos necesarios de la verificación operativa, como las fechas del período de implementación, cuándo se completó la verificación operativa y cuándo deberían estar presentes los impactos energéticos de los EEM. También puede ser apropiado detallar cómo se coordinarán las pruebas y la recopilación de datos con cualquier esfuerzo de puesta en servicio de terceros.

Tabla 3: Enfoques de verificación operativa

Verificación operativa Acercarse	Aplicación típica de EEM	Actividades
Inspección visual	EEM funcionará según lo previsto cuando se instale correctamente. No es posible medir directamente el rendimiento de EEM.	Ver y verificar la instalación física del EEM (p. ej., ventanas, aislamientos, dispositivos pasivos).
Mediciones puntuales de muestra	El rendimiento EEM logrado puede variar de los datos publicados según los detalles de la instalación o la carga de componentes.	Mida parámetros clave únicos o múltiples para una muestra representativa de las instalaciones de EEM (p. ej., Demanda eléctrica de accesorios de iluminación no regulables, potencia del motor con carga constante).
Rendimiento a corto plazo Pruebas	El rendimiento de EEM puede variar según la carga real, los controles o la interoperabilidad de los componentes.	Pruebas de funcionalidad y control adecuado. Medir parámetros clave. Puede implicar la realización de pruebas funcionales diseñadas para capturar el componente o sistema funcionando en todo su rango o la recopilación de datos de rendimiento durante un período de tiempo suficiente para caracterizar el rango completo de operaciones (por ejemplo, ventilación con control de demanda, ventilador de velocidad variable, algoritmos de control).
Tendencias de datos y Revisión de la lógica de control	El rendimiento de EEM puede variar según la carga y los controles reales. El componente o sistema se monitorea y controla a través de un sistema de automatización de edificios (BAS) o se puede monitorear a través de medidores independientes.	Configure tendencias y revise datos o lógica de control. El período de medición puede durar desde unos pocos días hasta algunos meses, dependiendo del período necesario para capturar el rango completo de rendimiento (por ejemplo, enfriador, caldera, bomba de calor, enfriador evaporativo).

Con el tiempo, a medida que el esfuerzo de M&V continúa en los últimos años del período del informe, los esfuerzos de verificación operativa pueden repetirse para evaluar el desempeño de los EEM e identificar y corregir cualquier deficiencia de desempeño, ayudando a asegurar la persistencia de los ahorros año tras año. Se recomienda especificar en el Plan M&V con qué frecuencia se repetirán estas actividades cuando no se utilicen mediciones continuas durante el período del informe.

8. CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DE OPCIONES DE IPMVP

IPMVP ofrece cuatro opciones para determinar los ahorros (A, B, C y D). Cada opción es apropiada en diferentes circunstancias y utiliza diferentes métodos. La selección de una Opción IPMVP es una recomendación hecha por el desarrollador del Plan M&V y acordada por las partes interesadas para cada proyecto, con base en el conjunto completo de condiciones, análisis, presupuestos y juicio profesional del proyecto. Las consideraciones clave al seleccionar las opciones de IPMVP se analizan en esta sección, y cada una de las cuatro opciones de IPMVP se detalla en la Sección 9.

Como se destaca en la Sección 7.1 y en la Tabla 3 a continuación, las opciones del IPMVP generalmente están delineadas por el límite de medición utilizado, ya sea un enfoque de aislamiento de modernización o un enfoque de instalación completa. La determinación de las opciones de IPMVP y los límites de medición que mejor se adapten a los EEM o proyecto requiere considerar las propiedades físicas de cómo los EEM ahorran energía, el nivel de ahorro esperado, las mediciones requeridas, el necesidad de precisión y granularidad en los ahorros verificados informados, el contexto del proyecto y el presupuesto para M&V.

Tabla 4: Elementos clave de las opciones de IPMVP

Opciones de IPMVP	Tipo de Medición Perímetro	Medidas requeridas y ahorros Reportado
OPCIÓN A: Medición de parámetros clave OPCIÓN B: Medición de todos los parámetros	AISLAMIENTO DE RENOVACIÓN	Mide los impactos energéticos a nivel de equipo o sistema.
		Generalmente requiere uno o más medidores dedicados
		Los ahorros se determinan para cada EEM y se estima cualquier impacto más allá del límite de medición.
OPCIÓN C: Toda la instalación OPCIÓN D: Simulación calibrada	TODAS LAS INSTALACIONES	Mide TODOS los efectos de la energía en una instalación o parte de una instalación.
		A menudo utiliza datos de energía de los medidores de servicios públicos.
		Los ahorros incluyen los impactos de todos los EEM y cualquier otro cambio en el uso de energía.

Las circunstancias de cada proyecto determinarán en gran medida si se debe utilizar un enfoque de aislamiento de modernización o un enfoque de instalación completa. Tenga en cuenta que los enfoques de instalación “completa” también se pueden aplicar solo a una parte de una instalación (por ejemplo, una parte de un edificio con submedidores). Además, los requisitos para la verificación del desempeño y la presentación de informes pueden ajustarse durante el período del informe y pueden implicar el cambio a una Opción IPMVP diferente.

8.1. Características típicas del proyecto para las opciones de IPMVP

Es imposible generalizar sobre cuál es la mejor opción de IPMVP para cualquier situación. Sin embargo, algunas características clave del proyecto pueden ser indicadores útiles del mejor enfoque. Al seleccionar un método, todo tipo de energía Se deben considerar las fuentes impactadas por los EEM.

LAS OPCIONES A Y B DE AISLAMIENTO DE RENOVACIÓN SE APLICA MEJOR CUANDO:

- Las propiedades físicas del EEM permiten medir por separado los flujos de energía impactados.
- Cualquier efecto interactivo del EEM sobre el consumo de energía y la demanda de otros equipos de la instalación puede estimarse razonablemente o asumirse que es insignificante.
- Sólo es motivo de preocupación el rendimiento de los sistemas afectados por el EEM, o se deben informar los ahorros de cada EEM.
- Los ahorros esperados de los EEM son demasiado pequeños para ser detectados usando la Opción C o para justificar la gastos de usar la Opción D.
- Ya existen submedidores para aislar el consumo de energía y la demanda de los sistemas afectados, o agregar submetros sería factible.
- Los factores que influyen en la energía (es decir, variables independientes y factores estáticos) que afectan la energía. El consumo y la demanda no son excesivamente difíciles ni costosos de monitorear. ▪ No es necesario conciliar directamente los informes de ahorro con los cambios y pagos a la energía. proveedores.

LAS OPCIONES C Y D PARA TODAS LAS INSTALACIONES SE APLICA MEJOR CUANDO:

- Existe un alto nivel de efectos interactivos de los EEM o interacciones energéticas entre EEM.
- Los flujos de energía impactados por el(los) EEM(s) no pueden medirse por separado.
- El nivel de ahorro esperado es lo suficientemente alto como para usar la Opción C y reportar el estado general de una instalación. Se prefiere el rendimiento, en lugar del rendimiento EEM.
- Hay muchos EEM únicos cuyos flujos de energía serían difíciles de medir individualmente.
- Los datos energéticos del período de referencia no están disponibles (Opción D).

Algunas características del proyecto y opciones comúnmente favorecidas se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5: Características típicas del proyecto y opciones IPMVP comúnmente preferidas

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO EEM	Opciones favoritas			
	AB		C	D
NECESIDAD DE EVALUAR EEMS INDIVIDUALMENTE				
NECESIDAD DE EVALUAR SÓLO EL DESEMPEÑO TOTAL DE LA INSTALACIÓN				
LOS AHORROS ESPERADOS SON MENOS DEL 10% (DATOS MENSUALES DE USO DE ENERGÍA) O DEL 5% (DIARIO O DATOS DE USO DE ENERGÍA POR HORARIO) DEL CONSUMO DE ENERGÍA BASE DE TODAS LAS INSTALACIONES				
LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ENERGÍA DE LAS EEMS NO SON BIEN CONOCIDOS				
SE NECESITA UNA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO A LARGO PLAZO				
LOS EFECTOS INTERACTIVOS DE EEM SON SIGNIFICATIVOS O NO MEDIDOS				
SE ESPERA QUE LOS CAMBIOS RECIENTES O FUTUROS IMPACTEN EL USO DE ENERGÍA DENTRO DEL LÍMITE DE MEDICIÓN				
LOS DATOS DE ENERGÍA DEL PERIODO DE LÍNEA DE BASE NO ESTÁN DISPONIBLES				

8.2. Granularidad de los ahorros

El aislamiento de modernización permite estrechar el límite de medición para reducir el esfuerzo requerido para monitorear variables independientes y factores estáticos cuando los EEM afectan solo una parte de la instalación. Esto permite reportar ahorros a nivel EEM. Sin embargo, los límites más pequeños que la instalación total generalmente requieren metros adicionales en el límite de medición e introducen la posibilidad de efectos interactivos significativos no medidos.

Dado que en este caso la medición es menor que la instalación total, los resultados de los enfoques de aislamiento de modernización pueden no ser completamente evidentes en las facturas de servicios públicos si los ahorros son pequeños en comparación con el uso total de energía de la instalación. Los cambios en las instalaciones más allá del límite de medición y que no estén relacionados con el EEM no serán informados por la modernización enfocada de aislamiento, pero se incluirán en el consumo y/o la demanda medidos de la empresa de servicios públicos. De lo contrario,

Los ahorros determinados a través de enfoques de instalaciones completas pueden estar relacionados con las facturas de servicios públicos.

8.3. Nivel de efectos interactivos

La medición aislada se coloca en el límite de medición entre el equipo al que afecta el EEM y el equipo al que no afecta. Al trazar un límite de medición, se debe tener cuidado de considerar todos los flujos de energía afectados por el EEM que están más allá del límite. Se debe derivar un método para estimar tales efectos interactivos. Sin embargo, si el límite de medición puede ampliarse para abarcar efectos interactivos, no hay necesidad de estimarlos.

Aparte de los pequeños efectos interactivos estimados, el límite de medición define los puntos de medición y el alcance de cualquier ajuste que se utilice en las ecuaciones de ahorro del IPMVP. Sólo se deben monitorear los cambios que afectan los sistemas de energía dentro del límite de medición, los factores estáticos relacionados y las variables operativas para preparar los términos de ajuste de la ecuación principal del IPMVP (Ecuación 2).

Efectos interactivos: ejemplo

Para un EEM, que reduce los requisitos de energía de las luces eléctricas, el límite de medición incluye solo la energía de las luces. Sin embargo, reducir la energía de iluminación también puede reducir los requisitos de refrigeración mecánica y/o aumentar los requisitos de calefacción. Estos flujos de energía de calefacción y refrigeración atribuibles a las luces normalmente no pueden medirse fácilmente. Representan efectos interactivos que tal vez deban estimarse en lugar de incluirse dentro del límite de medición.

8.4. Mediciones de energía requeridas

Las cantidades de energía requeridas en las ecuaciones de ahorro del IPMVP se pueden medir mediante una o más de las siguientes técnicas:

- Datos y facturas del medidor del proveedor de servicios públicos o combustible o datos directamente del medidor del servicio público, incluido cualquier ajuste a las lecturas que realiza el servicio público.
- Medidores especiales que aíslan los flujos de energía hacia un EEM o parte de una instalación del resto de la instalación. Estas mediciones pueden ser periódicas o continuas a lo largo de la línea base y períodos de informe y pueden utilizar medidores temporales o permanentes.
- Mediciones separadas de los parámetros clave utilizados en el cálculo del consumo de energía y/o demanda.

o La tasa de muestreo de las mediciones debe ser adecuada dada la tasa de variación en el valor de los parámetros a medir y los intervalos de medición coordinados entre los parámetros medidos, incluidas las variables independientes.

- Mediciones de variables proxy después de validar su relación con el consumo o la demanda de energía. En algunos casos, una variable proxy medida puede sustituirse por una medición directa del consumo o la demanda de energía cuando la relación entre ambos se haya demostrado in situ.

o Por ejemplo, si se ha demostrado una relación consistente mediante mediciones entre la señal de salida de un controlador de variador de frecuencia variable y el consumo de energía del ventilador controlado, entonces la señal de salida se puede usar como una medida proxy válida para la potencia del motor del ventilador.

- Simulación de energía que se calibra con el consumo de energía real y los datos de demanda para el sistema o instalación que se modela durante el período de referencia o del informe.
- Cuando un parámetro clave necesario para estimar los ahorros ya se conoce con suficiente precisión o cuando medirlo es más costoso de lo que justifica el aumento en la certeza de los ahorros, entonces la medición directa puede no ser necesaria o apropiada. En estos casos, se pueden hacer estimaciones de algunos de los parámetros clave del MEE, pero se deben medir otros (Opción A).

En la Sección 12 se incluyen consideraciones adicionales relacionadas con las mediciones.

8.5. Estabilidad de las operaciones

Los cambios pasados o futuros en los patrones de uso de energía dentro del límite de medición debido a cambios no relacionados con los EEM pueden influir en la opción seleccionada. A veces se puede evitar la necesidad de ajustes no rutinarios utilizando un límite de medición más pequeño, lo que reduce la cantidad de factores estáticos que pueden afectar el rendimiento del EEM.

8.6. Limitaciones de costos de M&V

El costo del esfuerzo de M&V debe estar alineado con el valor del proyecto, el nivel de variación de energía dentro de los límites de medición y los ahorros esperados. Los costos relacionados y la precisión de las Opciones se analizan en la Sección 10: Costos de M&V e incertidumbre en los ahorros. Generalmente, los costos promedio de M&V deben ser inferiores al 10% de los ahorros de costos que se están evaluando.

Cuadro 6: Directrices generales para equilibrar el costo y la incertidumbre en M&V

Variación de energía y Ahorros	Descripción	Elección de opciones
variación de baja energía, EEM de bajo ahorro.	Los EEM con bajos ahorros normalmente no pueden permitirse muchas M&V, según la pauta del 10% de ahorro, especialmente si hay poca variación en los datos de energía medidos.	Se prefiere el uso de la opción A. Se puede considerar un período de informe corto, por ejemplo, en el caso de un motor de ventilador de escape de velocidad constante que funciona bajo una carga constante de acuerdo con un programa bien definido.
alta variación de energía, EEM de bajo ahorro.	Las EEM con bajos niveles de ahorro generalmente no pueden permitirse muchas operaciones de M&V, como se señaló anteriormente. Sin embargo, con una gran variación en los datos de energía, las técnicas de medición de todos los parámetros de la Opción B pueden ser necesarias para lograr la precisión requerida en los informes de ahorro.	Se prefiere la opción B si es factible. Mantener los costos de M&V bajos y apropiados en relación con el nivel de ahorro esperado puede ser un desafío, y las técnicas de muestreo a veces pueden reducir los costos de la Opción B. La opción C puede no ser adecuada según la orientación general de que los ahorros generalmente deben exceder del 5% al 10% del uso medido de una instalación para que sean cuantificables.
variación de baja energía, EEM de alto ahorro.	Con una baja variación en el consumo y la demanda de energía, el nivel de incertidumbre suele ser bajo. Sin embargo, dado que se espera un alto nivel de ahorro, pequeñas mejoras en la precisión pueden tener recompensas monetarias lo suficientemente grandes como para merecer una medición y un análisis de datos más precisos.	Las opciones B y C son generalmente las más adecuadas. Una EEM de alto ahorro puede medirse con la Opción C, pero requiere un medio para monitorear los factores estáticos para detectar la necesidad de ajustes no rutinarios. Usar la opción B, en algunos casos, puede reducir el número de factores estáticos a seguir. sin reducir la precisión. Es posible que se justifiquen costos adicionales para permitir informes precisos. Por ejemplo, si los ahorros de una EEM son de \$1.000.000 al año, un costo anual de M&V de \$20.000 (2% de los ahorros) puede ser razonable.
alta variación de energía, EEM de alto ahorro.	Los EEM de alto ahorro permiten un alto nivel de rigor que puede incluir una recopilación y análisis exhaustivos de datos. Es posible que los períodos de referencia y de presentación de informes tengan que abarcar múltiples ciclos normales de operación de la instalación para capturar las variaciones en los ahorros.	Considere usar las Opciones B, C o D. Sin embargo, es probable que los ahorros se muestren en los registros de servicios públicos, por lo que las técnicas de la Opción C pueden usarse con un monitoreo cuidadoso de los factores estáticos para detectar la necesidad de ajustes no rutinarios.

8.7. Contexto del proyecto y responsabilidades de las partes interesadas

Se deben considerar el contexto de un proyecto y las responsabilidades de las partes interesadas individuales y sus riesgos al evaluar las opciones de IPMVP y otros detalles en el Plan M&V, especialmente cuando los ahorros verificados son la base para las transacciones financieras.

Es importante considerar de qué son responsables las partes interesadas en relación con una EEM. Por ejemplo, modernizaciones de iluminación seleccionando la Opción A donde los riesgos y responsabilidades del contratista implican reducir el consumo de energía de las luces y no afectar las horas de funcionamiento, que son controladas por el propietario del edificio.

De manera similar, es posible que el propietario de un edificio no tenga control sobre todas las cargas en una instalación y, por lo tanto, prefiera el uso de las opciones A o B de aislamiento de modernización en lugar de un enfoque de instalación completa utilizando la opción C.

En un proyecto en el que el contratista es responsable del desempeño del EEM pero no realiza la operación y el mantenimiento del EEM, la duración de las mediciones en el período del informe puede ser limitada. Para períodos posteriores en los que se utilizan reinspecciones en lugar de mediciones para validar el valor de un parámetro clave, los ahorros de energía informados no cumplen con el IPMVP.

8.8. Uso de métodos de aislamiento de modernización

Las opciones de aislamiento de modernización A y B tienen límites de medición similares, pero utilizan diferentes métodos para determinar los ahorros, y cada una es más apropiada para diferentes aplicaciones y tipos de EEM.

La diferencia fundamental entre estas Opciones implica qué medidas se necesitan, como se destaca en sus nombres:

- Opción A: Aislamiento de modernización con medición de parámetros clave
- Opción B: Aislamiento de modernización con medición de todos los parámetros

A menudo, los parámetros clave necesarios para determinar el consumo de energía son las tasas de uso de energía (por ejemplo, demanda o carga) y las horas de uso correspondientes. En otros casos, los parámetros clave pueden incluir elementos como factor de potencia, voltios y amperios (utilizados para determinar kW), horas de funcionamiento, carga del equipo, flujo, tasas, diferenciales de temperatura, contenido térmico, etc., dependiendo de la aplicación y el EEM.

Parámetros clave: ejemplos

Los parámetros clave son variables críticas identificadas que tienen un impacto significativo en los ahorros de energía asociados con la instalación de un EEM. En los métodos de aislamiento de modernización, se pueden combinar parámetros clave para definir la demanda de energía y el consumo de la carga, que está sujeta al EEM.

Para un EEM que implica la mejora de equipos de iluminación, la demanda eléctrica (kW) se puede determinar a partir de amperios, voltios y factor de potencia, y el consumo (kWh) se puede determinar a partir de las horas de operación correspondientes.

Para un EEM como el reemplazo de una caldera de gas, el rendimiento de energía térmica puede determinarse mediante medir los caudales de gas, las temperaturas de funcionamiento del sistema y los caudales de agua caliente a lo largo del tiempo.

La opción A permite el uso de valores medidos y estimados para calcular la energía de referencia y del período de informe, mientras que la opción B requiere la medición directa de la demanda y el consumo de energía O la medición simultánea de todos los parámetros necesarios para determinar la demanda y el consumo de energía.

Generalmente, la precisión de los ahorros verificados informados por la Opción B es mayor que la de aquellos que utilizan la Opción A.

Al planificar un procedimiento de aislamiento de modernización, evalúe:

- La cantidad de variación en el uso de energía del período de referencia y los parámetros clave relacionados (por ejemplo, cargas y horas de funcionamiento),
- Cómo afectará la EEM a esos parámetros clave, ▪ Nivel de rigor requerido en los ahorros reportados, y
- Cualquier acuerdo de gestión de riesgos entre las partes interesadas.

Las condiciones de carga variable u horas de funcionamiento variables requieren mediciones y cálculos más rigurosos que las cargas constantes, las horas constantes o las horas de funcionamiento programadas. Generalmente, cuando un parámetro clave varía durante el período de referencia o cuando ese parámetro se verá afectado por el EEM, ese parámetro debe medirse.

Los siguientes ejemplos simplificados muestran una variedad de escenarios que pueden surgir.

Tabla 7: Selección de opciones de aislamiento de modernización: ejemplos basados en la carga y las horas de funcionamiento

#	Guión	Privilegiado Acercarse
1	EEM reduce un ritmo constante de consumo sin cambiar sus horarios de funcionamiento	Opción A o B
2	EEM reduce las horas de funcionamiento sin cambiar una carga constante	
3	EEM afecta tanto a las cargas como a las horas de funcionamiento	Opción B
4	EEM impacta equipos con cargas variables y horas de operación variables	

Estas ecuaciones son de naturaleza conceptual y las ecuaciones de ahorro exactas serán más complejas porque el ahorro es la suma de las condiciones a lo largo del tiempo, las horas a una tarifa específica.

Ecuación 9: Ahorros en la opción A/B cuando no se requieren ajustes

Ahorro =	tiempo	(Tasa de consumo de energía del período de referencia
	X	Horas de uso iniciales)
	-	(Tasa de uso de energía del período de informe
	X	Período de informe Horas de uso)

Generalmente, usar la Opción A: Medición de parámetros clave sería apropiado para los Escenarios 1 y 2, pero no para los Escenario 3 o 4. Opción B: Medición de todos los parámetros es más adecuada para EEM que impactan cargas variables o EEM que impactan tanto las cargas como el funcionamiento. horas.

MEDICIONES DE AISLAMIENTO DE RENOVACIÓN

Un enfoque de aislamiento modernizado generalmente requiere la adición de medidores especiales o equipos de registro de datos, ya sea a corto plazo o de forma permanente, para medir el uso de energía o los parámetros clave necesarios para calcular el uso de energía. Estos medidores pueden instalarse durante una auditoría energética para ayudar a caracterizar el consumo y la demanda de energía mientras se diseñan los EEM, o pueden instalarse medidores para medir el desempeño de referencia para un Plan de M&V. Generalmente, las mediciones de parámetros clave, o uso de energía, y variables independientes deben realizarse simultáneamente. Al verificar los ahorros en la demanda, se debe tener mucho cuidado para establecer perfiles de carga o tener en cuenta adecuadamente la diversidad en las operaciones de los equipos que coinciden con el período de máxima demanda de la empresa de servicios públicos.

Cuando los parámetros clave y el uso de energía son variables, se deben realizar mediciones para capturar valores en una gama completa de valores esperados y condiciones de operación siempre que sea posible. Las medidas requerido puede ser a corto plazo durante una parte de los períodos de referencia y de informe o continuo, dependiendo de la variabilidad del parámetro y si se ve afectado por el EEM. Cuando un parámetro puede cambiar periódicamente, pueden ser apropiadas mediciones ocasionales del parámetro en momentos representativos de variaciones normales en el comportamiento del sistema.

Cuando se demuestra que un parámetro clave tiene un valor constante, las mediciones pueden ser de corta duración y realizarse periódicamente. Sin embargo, los parámetros no medidos tanto en el periodo de referencia como en el periodo de informe, se consideran estimaciones. Cuando no se espera que un parámetro cambie, se puede medir inmediatamente antes y después de la instalación del EEM y verificarse ocasionalmente durante el periodo del informe. La frecuencia de esta verificación se puede determinar comenzando con mediciones suficientes para verificar que el parámetro permanece constante durante los períodos de referencia y de informe. Una vez que se demuestre que es constante, la frecuencia de medición podrá reducirse a un mínimo de una vez durante cualquier periodo de informe. Para mantener el control de los ahorros a medida que disminuye la frecuencia de las mediciones, se podrían realizar inspecciones más frecuentes u otras pruebas para verificar las operaciones adecuadas.

Tabla 8: Valores constantes establecidos en base a mediciones

Valores constantes
<ul style="list-style-type: none">▪ Un parámetro puede considerarse “constante” cuando los valores medidos no cambian dentro de un rango definido (por ejemplo, +/- 10%) durante un periodo de interés.▪ Se pueden observar variaciones menores en el parámetro aunque se siga describiendo como constante. La magnitud de las variaciones que se consideren “menores” deberá reportarse en el Plan M&V.▪ Una vez comprobada que es constante, la frecuencia de medición podrá reducirse a un mínimo de una vez durante cualquier periodo de información. De lo contrario, deberá tratarse como un valor estimado.

Cuando un parámetro puede variar diariamente o cada hora, como en la mayoría de los sistemas de calefacción o refrigeración de edificios, la medición continua puede ser la más sencilla. Para cargas dependientes del clima, las mediciones pueden tomarse durante un periodo suficientemente largo para caracterizar adecuadamente el patrón de carga a lo largo de todas las partes de su ciclo anual normal (por ejemplo, cada temporada y modos de funcionamiento entre semana/fin de semana) y se repiten según sea necesario durante el periodo del informe. Estas mediciones se utilizan a menudo para realizar ajustes de rutina.

La medición continua proporciona mayor certeza en los ahorros reportados y más datos sobre el funcionamiento del equipo. Esta información se puede utilizar para mejorar u optimizar el funcionamiento continuo del equipo, mejorando potencialmente el beneficio del propio EEM. Si la medición no es continua y los medidores se retiran entre lecturas, la ubicación de la medición y las especificaciones de los dispositivos de medición deben registrarse en el Plan M&V, junto con la precisión del medidor y los procedimientos para validar las lecturas y calibrar el medidor que se utiliza.

Cuando se incluyen múltiples versiones de la misma instalación EEM dentro del límite de medición, se pueden usar muestras estadísticamente válidas como mediciones válidas del parámetro total.

9. OPCIONES DE IPMVP

Los detalles adicionales relacionados con la aplicación de las Opciones IPMVP se analizan en la Sección 12: Problemas comunes de M&V. Los requisitos de informes y planes de M&V específicos de la opción se incluyen en la Sección 13: Requisitos de informes y planes de M&V.

9.1. Opción A: Aislamiento de modernización, medición de parámetros clave

Bajo la Opción A, Aislamiento de modernización: Medición de parámetros clave, las cantidades de energía se pueden derivar de un cálculo utilizando una combinación de mediciones de algunos parámetros clave y estimaciones de los demás.

Tales estimaciones sólo deben usarse cuando se pueda demostrar que la incertidumbre combinada de todas esas estimaciones no afectará significativamente la confianza general en los ahorros reportados, o que la incertidumbre de todas las estimaciones sea aceptable para todas las partes.

9.1.1. Valores medidos y estimados

Decida qué parámetros medir y cuáles estimar considerando los impactos del EEM, el costo de las mediciones y la contribución de cada parámetro a la incertidumbre general de los ahorros reportados. La selección de qué factor(es) (es decir, parámetros clave y cualquier indicador de desempeño requerido) a medir también puede considerarse en relación con los objetivos del proyecto o las funciones de un contratista que asume algún riesgo de desempeño EEM. Cuando un factor es significativo para evaluar el desempeño de la EEM, debe medirse mientras se pueden estimar otros factores.

Al estimar los parámetros, se debe determinar una gama de valores plausibles y seleccionar un valor que dé como resultado una estimación de ahorro conservadora. Los valores estimados y el análisis de la importancia de estos parámetros estimados para la incertidumbre del ahorro total deben incluirse en el Plan M&V. Las estimaciones pueden basarse en datos históricos, como datos registrados durante una auditoría energética, horas de funcionamiento establecidas a partir de datos energéticos de todo el edificio, clasificaciones publicadas por el fabricante del equipo, pruebas de laboratorio o datos meteorológicos típicos.

Si se demuestra que un parámetro, como las horas de uso, es constante y no se espera que se vea afectado, se puede suponer que la determinación de un parámetro en el período de informe es igual al valor de referencia o viceversa. viceversa, pero los valores se considerarían estimaciones. Cuando un parámetro no se mide en la instalación durante el período de referencia y el período de informe, el parámetro debe tratarse como un valor estimado.

La mayor fuente de incertidumbre en los ahorros reportados usando la Opción A generalmente proviene de los valores estimados. Se debe evaluar el rango plausible de valores para cualquier valor estimado y proporcionar una justificación para el uso del valor estimado.

Se deben utilizar cálculos de ingeniería o modelos matemáticos para evaluar, en la medida de lo posible, la importancia de los errores al estimar cualquier parámetro en los ahorros informados. El efecto combinado de las estimaciones debe evaluarse antes de determinar si se cuenta con mediciones suficientes y si la evaluación se incluye en el Plan de M&V.

Otras fuentes de incertidumbre sobre los ahorros para la Opción A pueden incluir errores de muestreo donde las mediciones se realizan en muestras estadísticas en lugar de todos los equipos afectados y errores basados en el equipo de medición utilizado. Cuando se utiliza muestreo estadístico para las mediciones, se deben considerar los resultados estadísticos del muestreo y su impacto en los ahorros verificados.

Los valores estimados para su uso en la Opción A de IPMVP a menudo se eligen para reducir costos o eliminar la necesidad de ajustes cuando ocurren cambios que afectan el uso de energía dentro del límite de medición. Por lo tanto, la necesidad de ajustes no rutinarios se puede reducir usando la Opción A. Por ejemplo, el perfil de carga de enfriamiento de una planta enfriadora (toneladas-hora/día) se estimó en lugar de medirse, y el rendimiento de la planta (kW/ton) se midió. medido periódicamente para determinar los ahorros de la Opción A creados por un EEM de eficiencia del enfriador. Después de la modernización, una ampliación de las instalaciones aumentó la carga de refrigeración real dentro del límite de medición. Sin embargo, dado que se eligió la opción A utilizando una carga de enfriamiento fija, los ahorros informados no se ven afectados. (proporcionó las mediciones periódicas de rendimiento de las enfriadoras). En este caso, el uso de la Opción A evitó la necesidad de un ajuste no rutinario.

9.1.2. Verificación de instalación

Dado que algunos valores pueden estimarse según la Opción A, se necesita mucho cuidado al revisar el diseño de ingeniería y la instalación de estos EEM para garantizar que las estimaciones sean realistas, alcanzables y basadas en equipos que realmente deberían producir ahorros según lo previsto. Se debe confirmar la especificación e instalación adecuadas de cada EEM mediante estrategias de verificación operativa apropiadas.

A intervalos definidos durante el período del informe, se recomienda volver a inspeccionar la instalación para verificar que el equipo esté instalado, mantenido y funcionando correctamente y que esté funcionando según lo previsto. Estas reinspecciones pueden garantizar la continuidad del potencial para generar ahorros previstos y validar los valores estimados y medidos. La frecuencia de estas reinspecciones está determinada por la probabilidad de cambios en el desempeño y debe detallarse en el Plan de M&V como se describe en la Sección 13.

9.1.3. Cálculos

Según la Opción A, es posible que no haya necesidad de ajustes, rutinarios o no rutinarios, dependiendo de la ubicación del límite de medición, la naturaleza de los valores estimados, la duración del período del informe, el tiempo entre las mediciones de referencia y las mediciones del período del informe, o los términos del contrato o requisitos del programa asociado con el proyecto.

De manera similar, las mediciones de energía del período de referencia y del período de informe pueden implicar la medición de un solo parámetro según la Opción A y la estimación de los demás parámetros, aunque se pueden medir múltiples parámetros.

9.1.4. Mejores aplicaciones

La opción A se aplica mejor cuando:

- El nivel de ahorro es bajo y no puede justificar el costo de las mediciones necesarias para la Opción B o Simulación para la opción D.
- La estimación de parámetros puede evitar ajustes no rutinarios posiblemente difíciles cuando es probable que ocurran cambios futuros que afecten el uso de energía dentro del límite de medición.
- La incertidumbre creada por las estimaciones es aceptable.
- Los efectos interactivos son limitados o fáciles de estimar.
- La eficacia continua del EEM se puede evaluar mediante simples pruebas o reinspecciones rutinarias de parámetros clave.
- Los parámetros clave utilizados para juzgar el desempeño de un proyecto en materia de ahorros informáticos pueden identificarse.

9.2. Opción B: Aislamiento de modernización, medición de todos los parámetros

Opción B: Aislamiento de actualización, la medición de todos los parámetros requiere la medición de energía y/o demanda cantidades, o los parámetros clave necesarios para calcular la energía y/o la demanda. Los ahorros creados por la mayoría de los tipos de EEM se pueden determinar con la Opción B. El grado de dificultad y los costos asociados con la Opción B aumentan a medida que aumentan la complejidad y la amplitud de la medición. Sin embargo, la Opción B producirá una determinación precisa de los ahorros cuando los patrones de carga o ahorro sean variables, como se describe en la Sección 8.8.

Error de muestreo donde se miden muestras estadísticas y valores estimados. Estos errores deben evaluarse e incluirse en el Plan de M&V, como se detalla en la Sección 13.1 – Requisitos del Plan de M&V.

9.2.1. Cálculos para la opción B

Ecuación 2: La ecuación primaria de ahorro de IPMVP se utiliza en los cálculos de adherencia al IPMVP. Cuando el consumo o la demanda de energía dentro del límite de medición varía según variables independientes, Es posible que se requieran ajustes de rutina.

Sin embargo, en algunos casos bajo la Opción B, puede que no haya necesidad de ajustes, rutinarios o no rutinarios, dependiendo de la ubicación del límite de medición, la variabilidad del consumo de energía medido y la demanda. Cuando el uso de energía es variable y es necesario considerar variables independientes, se deben utilizar las estrategias de modelado descritas en la Opción C.

Las fuentes de incertidumbre en materia de ahorro para la Opción B resultan del error basado en la instrumentación de medición utilizada, el modelo (para una discusión sobre el error estadístico cuando se utilizan modelos matemáticos, consulte la Opción C), el error de muestreo cuando se miden las muestras estadísticas y los valores estimados. Estos errores deben evaluarse e incluirse en el Plan de M&V, como se detalla en la Sección 13.1 – Requisitos del Plan de M&V. Para una discusión sobre el error estadístico cuando se utilizan modelos matemáticos, consulte la Opción C.

9.2.2. Mejores aplicaciones

La opción B se aplica mejor cuando:

- Se puede aislar el consumo energético del EEM.
- EEM impacta equipos con cargas variables y horas de operación variables. Energía de referencia
El consumo dentro del límite de medición es variable.
- Los efectos interactivos son limitados o fáciles de estimar.
- El EEM afecta a más de un parámetro clave.
- El resultado de la EEM se beneficiará del seguimiento.
- Existen medidores con fines de aislamiento o se utilizarán para otros fines, como retroalimentación operativa.
o facturación del inquilino.
- La medición de los parámetros clave es menos costosa que la simulación en la Opción D.

9.3. Opción C: Instalación completa

La opción C implica el uso de datos energéticos de medidores de servicios públicos, medidores de instalaciones completas o submedidores, y variables independientes para evaluar el desempeño energético de una instalación total. El límite de medición abarca toda la instalación o una sección importante. Esta opción determina los ahorros colectivos de todos los EEM aplicados dentro del límite de medición. Como tal, los ahorros reportados bajo la Opción C incluyen los efectos positivos o negativos de cualquier cambio no EEM realizado en la instalación.

La opción C está destinada a proyectos en los que los ahorros esperados son grandes en relación con las variaciones de energía aleatorias o inexplicables que ocurren a nivel de toda la instalación. Se desarrollan modelos matemáticos para describir cómo las variables independientes explican las variaciones en el consumo de energía, pero no tienen en cuenta todas las variaciones entre las variables independientes y los datos de consumo real.

Por lo general, los modelos de referencia y, a veces, los modelos del período del informe, se desarrollan utilizando análisis de regresión para realizar ajustes de rutina al consumo de energía y calcular los ahorros. Los resultados estadísticos de un modelo describen qué tan bien se explican las variaciones en el consumo de energía y se utilizan métricas estadísticas para validar mediante un modelo. Como se analizó en la Sección 12.6 – Estadísticas para M&V, los ahorros esperados deben ser mayores que el doble del error estándar en el modelo para que el uso de un modelo sea válido. Los modelos con niveles más bajos de error pueden identificar niveles más bajos de ahorro y la confianza en el ahorro será mayor.

La opción C puede basarse en datos de facturación mensual de servicios públicos o datos de consumo de energía en intervalos cortos de tiempo (p. ej., cada hora, diariamente). El uso de datos de medidores de intervalo con la Opción C generalmente implica la creación de una serie de modelos de regresión multivariados para predecir el consumo de energía de todo el edificio. Se está desarrollando una guía IPMVP para M&V avanzado para abordar cuestiones de aplicación, como la selección de intervalos de datos, consideraciones sobre variables independientes, selección de herramientas de software y aplicación de modelos. (Consulte la Sección 12.2 – Métodos avanzados de M&V).

Cuando se dispone de datos de intervalos de tiempo cortos, el número de puntos de datos es mucho mayor y los modelos matemáticos avanzados (por ejemplo, modelos lineales múltiples de puntos de cambio) son más precisos que los modelos lineales simples utilizados para el análisis mensual. En consecuencia, los métodos que utilizan datos de intervalos de tiempo cortos y algoritmos de modelado avanzados a menudo pueden verificar, con confianza, ahorros esperados que son del 5% o menos del consumo anual de energía, mientras que si solo se dispone de datos de facturación mensual de servicios públicos, los ahorros a menudo necesitan exceder consistentemente el 10% de la energía del período de referencia. Estos ejemplos son reglas generales y es necesaria una evaluación de la precisión del modelo de referencia en comparación con los ahorros esperados.

Se debe tener cuidado para garantizar que la energía del período de referencia represente operaciones normales relevantes a las condiciones esperadas del período de informe y no incluya períodos no rutinarios. El período de referencia seleccionado debe ser examinado para detectar eventos no rutinarios (NRE) mediante entrevistas, inspecciones del sitio y una revisión de los datos. Cuando se identifican NRE, es posible que se excluya una cantidad limitada de datos o que sea necesario ajustar el período de referencia seleccionado.

La identificación de eventos no rutinarios (es decir, cambios en las instalaciones) que requerirán ajustes no rutinarios representa un componente fundamental del enfoque de la Opción C, particularmente cuando los ahorros se monitorean durante largos períodos de presentación de informes. Por lo tanto, durante el período del informe se deben realizar inspecciones periódicas de todos los equipos y operaciones de la instalación. Estas inspecciones identifican cambios en los factores estáticos con respecto a las condiciones del período de referencia. Dichas inspecciones pueden ser parte de un seguimiento regular para garantizar que se siguen los métodos operativos previstos. Una alternativa de menor costo, más aplicable a proyectos o instalaciones más pequeñas, puede ser realizar un seguimiento del desempeño energético a lo largo del tiempo, normalizar las condiciones operativas e inspeccionar la instalación en busca de cambios cuando el desempeño ajustado muestra una marcada variación inesperada o un cambio persistente como medio para identificar eventos no rutinarios. Dado que los cambios no rutinarios pueden aumentar o disminuir los ahorros, deben tratarse por igual.

Nota: cuanto más largo sea el período del informe, más datos estarán disponibles y menos significativo será el impacto de las variaciones inexplicables a corto plazo.

9.3.1.

Datos del medidor de servicios públicos

Las mediciones de energía de toda la instalación pueden utilizar los medidores de la empresa de servicios públicos. Los datos de los medidores de servicios públicos generalmente se consideran 100% precisos para determinar los ahorros porque los datos definen el pago de la energía.

Los datos de los medidores de servicios públicos están sujetos a las regulaciones comerciales locales de precisión para la venta de productos energéticos.

Los medidores de servicios públicos no siempre cubren todo el edificio y es posible que haya varios medidores. El medidor principal puede incluir solo una parte de la energía suministrada a una instalación y se debe tener cuidado de comprender los límites de medición de cualquier medidor de servicios públicos.

Los medidores del proveedor de energía pueden equiparse o modificarse para proporcionar una salida de pulso eléctrico que pueda ser registrada por el equipo de monitoreo de la instalación. La constante de energía por pulso del transmisor de pulsos debe calibrarse con respecto a una referencia conocida, como datos similares registrados por el medidor de servicios públicos.

Los medidores separados instalados por el propietario de la instalación pueden medir el consumo de energía de toda la instalación o de una parte de ella. La precisión de estos medidores debe considerarse en el Plan M&V, junto con una forma de comparar sus lecturas con las lecturas de los medidores de servicios públicos.

9.3.2. Problemas de datos energéticos

Cuando el suministro de servicios públicos sólo se mide en un punto central de un grupo de instalaciones, se necesitan submedidores en cada instalación o grupo de instalaciones para las cuales se evalúa el desempeño individual. Se pueden utilizar varios medidores para medir el flujo de un tipo de energía en una instalación. Si un medidor suministra energía a un sistema que interactúa con otros sistemas de energía, directa o indirectamente, los datos de este medidor deben incluirse en la determinación de ahorro de toda la instalación.

Se pueden ignorar los contadores que suministran flujos de energía que no interactúan y cuyos ahorros no están por determinarse.

Determine los ahorros por separado para cada medidor o submedidor que preste servicio a una instalación, de modo que se puedan evaluar los cambios de rendimiento para partes de la instalación con medidores separados. Sin embargo, cuando un medidor mide sólo una pequeña fracción del uso total de un tipo de energía, se puede totalizar con los medidores más grandes para reducir las tareas de gestión de datos. Cuando los medidores eléctricos se combinan de esta manera, se debe reconocer que los medidores de consumo pequeños a menudo no tienen datos de demanda asociados, por lo que los datos de consumo total ya no proporcionarán información de carga significativa. Además, si el intervalo de los datos es diferente, los datos combinados estarán en el intervalo más largo.

Si los medidores se leen en días separados, entonces cada medidor que tenga un período de facturación único debe analizarse por separado. Los ahorros resultantes se pueden combinar después del análisis de cada medidor individual si se informan las fechas. Para algunas aplicaciones (por ejemplo, procesos industriales), la medición de subáreas puede ser eficaz. Sin embargo, para determinar los ahorros en la demanda, las lecturas del submedidor deben sincronizarse con el medidor de demanda del servicio público.

Si falta alguno de los datos de energía en el período del informe, se puede crear un modelo matemático del período del informe para completar los datos faltantes según se define en el plan de M&V. Sin embargo, los ahorros reportados para el período faltante deben reportarlos como datos faltantes y como una fuente de incertidumbre en los ahorros.

PROBLEMAS DE FACTURA DE ENERGÍA

Los datos de energía para la Opción C a menudo se derivan de medidores de servicios públicos, ya sea mediante una lectura directa del medidor o de facturas de servicios públicos. Cuando las facturas de servicios públicos son la fuente de datos, se debe reconocer que la necesidad de una empresa de servicios públicos de lecturas periódicas de medidores no suele ser tan grande como las necesidades de M&V. Las facturas de servicios públicos a veces contienen datos estimados, especialmente para cuentas pequeñas. En algunos casos, no se puede determinar a partir de la factura de servicios públicos.

si los datos provienen de una estimación o de una lectura real del medidor. Las lecturas estimadas de medidores no reportadas crean errores desconocidos para los meses estimados y también para los meses siguientes.

Sin embargo, la primera factura con una lectura real después de una o más estimaciones corregirá los errores anteriores en las cantidades de energía. Los informes de ahorro deben indicar cuándo las estimaciones son parte de los datos de servicios públicos. Cuando una empresa de servicios eléctricos estima la lectura de un medidor, es posible que no existan datos válidos para la demanda eléctrica de ese período. Los valores de uso de energía registrados que se sabe que son estimaciones no deben incluirse en la línea de base. energía.

El consumo de energía puede medirse directamente (por ejemplo, electricidad, gas natural) o medirse por algún otro medio (por ejemplo, peso o volumen de aceite, astillas de madera, estiércol, etc.). Cuando la energía se suministra indirectamente a una instalación a través de instalaciones de almacenamiento en el sitio, como petróleo, propano o carbón, las facturas de envío del proveedor de energía no representan el consumo real de la instalación durante el período entre envíos. Lo ideal es que un contador situado detrás de la instalación de almacenamiento mida el consumo de energía. Sin embargo, cuando no hay un medidor aguas abajo, los ajustes a nivel de inventario para cada período de facturación deben complementar las facturas.

9.3.3. Variables independientes

Las variables independientes comunes incluyen el clima, el volumen de producción y la ocupación. El clima tiene muchos factores, pero para el análisis de toda la instalación, los datos meteorológicos a menudo se limitan solo a la temperatura exterior de bulbo seco. La producción tiene muchas dimensiones, dependiendo de la naturaleza del proceso industrial, pero normalmente se expresa en unidades de masa o unidades volumétricas de cada producto, y puede tener dependencias climáticas adicionales. La ocupación se define de muchas maneras, como ocupación de habitaciones de hotel, horas de ocupación de edificios de oficinas, velocidades promedio de motores, días ocupados (entre semana/fines de semana), ventas de comidas en restaurantes o otras métricas.

Los modelos matemáticos pueden evaluar variables independientes si son cíclicas. El análisis de regresión y otras formas de modelado matemático pueden determinar la cantidad de variables independientes válidas a considerar en los datos del período de referencia. Los parámetros que tienen un efecto significativo en la energía del período de referencia deben incluirse en los ajustes de rutina al determinar los ahorros, como se muestra en la Ecuación 2. Esto se traduce a la Ecuación 4 para el Uso de Energía Evitado y

Ecuación 8 para Ahorros de Energía Normalizados. Las variables independientes deben medirse y registrarse durante el mismo período que los datos energéticos. Se debe anotar el rango de valores de las variables independientes utilizadas para desarrollar el modelo para garantizar que sea válido para realizar ajustes.

9.3.4. Cálculos y modelos matemáticos

Para la Opción C, el término de ajustes de rutina en la Ecuación 2 se calcula desarrollando un modelo matemático válido del patrón de uso de energía de cada medidor.

Un modelo puede ser tan simple como una lista ordenada de doce cantidades de energía mensuales medidas sin ningún ajuste. Sin embargo, un modelo también puede basarse en datos de intervalo y, a menudo, incluye factores derivados del análisis de regresión, que correlacionan la energía con una o más variables independientes, como la temperatura exterior, los grados día, la duración del período de medición, la producción, la ocupación o el modo de funcionamiento. Los modelos también pueden incluir un conjunto diferente de parámetros de regresión para cada rango de condiciones, como verano o invierno en edificios con variaciones energéticas estacionales.

La opción C generalmente utiliza años completos (por ejemplo, doce, veinticuatro o treinta y seis meses) de datos continuos durante el período de referencia y datos continuos durante el período de informe. Para datos de intervalos de tiempo cortos, se pueden utilizar menos meses de datos; sin embargo, se debe tener cuidado de garantizar que el rango de datos sea representativo de todo el año de referencia. Los modelos que utilizan otros números de meses (por ejemplo, nueve, diez, trece o dieciocho meses) pueden crear sesgos estadísticos al representar insuficiente o excesivamente modos de operación inusuales. Estos modelos deben comprobarse para detectar sesgos.

Los datos medidos pueden ser datos de toda la instalación por hora, día o mes. Los datos horarios se pueden combinar en intervalos de tiempo más largos, como diarios, para limitar el número de variables independientes² necesarias para producir un modelo de referencia razonable sin aumentar significativamente la incertidumbre en los ahorros calculados.

Muchos tipos de modelos estadísticos son apropiados para la Opción C. Para seleccionar el más adecuado para la aplicación, considere índices de evaluación estadística, como el Coeficiente de variación del error cuadrático medio ($CV\{RMSE\}$), el Error de sesgo medio (MBE) definido en la literatura estadística publicada que puede ayudar a demostrar la validez estadística del modelo seleccionado. (Ver discusión relacionada en la Sección 12.6 – Estadísticas de M&V.)

Las fuentes de incertidumbre sobre el ahorro para la Opción C incluyen el error estadístico en los modelos matemáticos utilizados y cualquier error proveniente de la instrumentación de medición utilizada. Estos errores deben evaluarse e incluirse en el Plan M&V, como se describe en la Sección 13.2.2. Cuantificar la incertidumbre sobre el ahorro para la Opción C puede ser complejo y depende del “buen comportamiento” de un edificio y de la dispersión resultante en los datos y, de manera similar, en el modelo del período de informe, si se utiliza. La incertidumbre resultante en los ahorros se puede calcular utilizando parámetros estadísticos de los modelos, el número de puntos incluidos y la duración del período del informe. (Consulte la Guía de aplicación de IPMVP sobre incertidumbre para conocer los métodos adecuados).

9.3.5. Mejores aplicaciones

La opción C se aplica mejor cuando:

- Es más interesante una evaluación del rendimiento energético de toda la instalación que la EEM individuales.
- Hay muchos tipos de EEM en una sola instalación.

² Se pueden incluir variables tanto continuas como categóricas.

- Las EEM involucran actividades cuyo consumo y demanda de energía individuales son difíciles de medir por separado.
- Los ahorros son grandes en comparación con la variación en los datos energéticos de la línea base y del período del informe.
- Las técnicas de aislamiento de modernización (Opción A o B) son excesivamente complejas y costosas.
- No se esperan cambios futuros significativos en la instalación durante el período del informe.
- Se puede establecer un sistema de seguimiento de factores estáticos para permitir posibles operaciones no rutinarias en el futuro ajustamiento.
- Se pueden encontrar correlaciones razonables entre el consumo o la demanda de energía y los variables.
- Los datos de servicios públicos o los datos de energía submedida están disponibles en intervalos frecuentes.

9.4. Opción D: Simulación calibrada

Opción D: La simulación calibrada utiliza software de simulación de energía de las instalaciones para predecir el uso de energía de las instalaciones, generalmente cuando no existen datos de energía de referencia. Los ahorros determinados con la Opción D se basan en modelos de simulación por computadora de sistemas físicos que se utilizan para predecir el consumo y la demanda de energía de las instalaciones o procesos. Este tipo de modelos se basan en ecuaciones de ingeniería que capturan la física y los detalles de los sistemas incluidos en el límite de medición. La precisión de los ahorros depende de la competencia del usuario, la solidez del modelo y el nivel de calibración alcanzado.

La opción D se puede utilizar para evaluar el rendimiento de los EEM para toda la instalación o para un sistema específico, similar a la opción C. Sin embargo, el modelo de simulación de toda la instalación también se puede utilizar para estimar los ahorros atribuibles a cada EEM dentro de un proyecto de múltiples EEM. .

La opción D también se puede utilizar para evaluar solo el rendimiento de sistemas individuales dentro de una instalación, similar a las opciones A y B. Para esta aplicación, el consumo y la demanda de energía del sistema deben aislarse del resto de la instalación mediante medidores apropiados, de modo que que estos datos medidos se puedan utilizar para la calibración del modelo de simulación.

9.4.1. Tipos de programas de simulación

Los programas de simulación energética suelen utilizar técnicas de cálculo horario. Cuando se utilizan simulaciones para edificios, se prefiere el uso de paquetes de software de simulación que se utilizan ampliamente y que han sido evaluados (por ejemplo, ASHRAE Standard 140). El software utilizado debe ser bien comprendido por el usuario, capaz de simular el sistema, los tipos de espacio y los EEM del proyecto. Debido a la amplia variedad de software disponible, se recomienda incluir detalles del software propuesto en el Plan M&V y recibir la aceptación de las partes interesadas del proyecto sobre el programa de modelado propuesto antes de comenzar el análisis.

Para aplicaciones industriales, no existe un estándar único para el software de simulación que sea específico de la industria o del proceso. Se puede utilizar software de propósito especial para simular el uso de energía asociado con el funcionamiento de dispositivos o procesos industriales. Se puede utilizar software de simulación patentado si los algoritmos, cálculos y tratamientos estadísticos son transparentes y están bien documentados. Los modelos de simulación a nivel de sistema deben dar cuenta de interacciones EEM significativas.

Cuando los ahorros para EEM individuales se determinan volviendo a ejecutar el modelo después de incluir cada EEM, es necesario determinar el orden de apilamiento de los EEM si los EEM se impactan entre sí (por ejemplo, los EEM que reducen las cargas generalmente se modelan antes que los que reducen la carga). horas de funcionamiento del equipo). El orden utilizado afectará el ahorro estimado para los EEM individuales pero no cambiará los ahorros del proyecto.

CALIBRACIÓN DEL MODELO

Cuando los datos medidos para la línea de base o las condiciones existentes están disponibles, el modelador calibra el modelo de simulación para que las formas de energía y carga coincidan aproximadamente con los datos medidos reales.

De lo contrario, el modelo debe calibrarse según las condiciones del período sobre el que se informa. Normalmente no es necesario recalibrar un modelo que ha sido calibrado con datos de referencia. Los requisitos para la calibración del modelo deben incluirse en el plan de M&V y deben considerar el nivel de ahorro esperado, la energía y otros datos disponibles, y la granularidad necesaria en los resultados³.

Cuando se calibra, el modelo de simulación debe predecir razonablemente las formas de carga y el uso de energía de la instalación o sistema. Esto se determina comparando los resultados del modelo con los datos medidos de consumo y demanda de energía, variables independientes y factores estáticos y alterando iterativamente el modelo hasta que el consumo y la demanda de energía previstos, así como las condiciones operativas clave, coincidan con los datos medidos dentro de límites aceptables. Los cambios realizados en los parámetros de entrada del modelo para calibrarlo deben ser documentado, como se describe en la Sección 13.2.3 - Opción D - Requisitos adicionales

La calibración de simulaciones de energía de todas las instalaciones se realiza con doce meses consecutivos de datos de facturación de servicios públicos en una variedad de condiciones climáticas y un período de operación estable. Usando un intervalo de tiempo más corto Sin embargo, los datos energéticos para determinar los perfiles de carga son comunes y pueden proporcionar modelos mejor calibrados.

Los datos de calibración adicionales pueden incluir características operativas, horarios, métricas de ocupación, condiciones climáticas, procesos u otras cargas y eficiencias de los equipos. Los parámetros deben medirse en un intervalo apropiado, día, semana, mes, o extraerse de registros operativos o registros de datos de tendencias. Se debe verificar la precisión de los medidores para mediciones críticas. El nivel de calibración debe establecerse en

el Plan M&V y reflejan el nivel de esfuerzo y precisión justificados para el proyecto.

En una instalación nueva, es posible que la calibración del modelo no se realice hasta varios meses después de su finalización, cuando la ocupación y las operaciones se estabilicen. Para procesos industriales u otros subsistemas de instalaciones, los datos a nivel de sistema deben recopilarse durante un período de tiempo suficiente para capturar una gama completa de condiciones operativas, incluidos todos los ciclos y variaciones importantes del proceso. Asegúrese de que los datos tengan suficiente granularidad y frecuencia para capturar variaciones. El período de tiempo y los datos que se utilizarán para calibrar el modelo deben documentarse en el Plan de M&V.

Recopile y registre cualquier dato que se utilizará al evaluar los ahorros de energía normalizados (por ejemplo, tasas de producción promedio, condiciones climáticas para un año estándar).

Después de desarrollar el Plan M&V, recopile datos y realice los Pasos de Calibración descritos en la Tabla 9. Es importante tener en cuenta que la creación y calibración de modelos de simulación son procesos iterativos que pueden llevar mucho tiempo. El modelado informático preciso y la calibración del modelo son los principales desafíos asociados con la implementación de la Opción D. Por ejemplo, los modelos para edificios nuevos se basan en ocupación total y operaciones estables, pero el período de calibración utilizado ocurre durante el período requerido para alcanzar la ocupación y cargas totales del edificio.

El uso de datos de energía mensuales o diarios en lugar de horarios ayuda a limitar el esfuerzo y el costo de realizar la calibración del modelo. Sin embargo, si la simulación se utiliza para estimar los ahorros de la demanda o para determinar los ahorros a nivel EEM, es posible que se requiera una calibración utilizando datos horarios (o, a veces, datos de intervalos de tiempo más cortos) para los usos/ sistemas y/o equipos finales afectados.

Para equilibrar los costos con precisión, se deben considerar los siguientes puntos:

³ ASHRAE 90.1 Apéndice G proporciona ejemplos útiles de requisitos de calibración.

- El análisis de simulación debe ser realizado por personal capacitado y con experiencia en el software, las técnicas de calibración, el equipo y el proceso que se modela y los conceptos de ahorro de IPMVP.
- Registrar datos de encuestas, datos de monitoreo y suposiciones utilizadas para definir valores de entrada. El modelo de simulación calibrado debe guardarse con una copia de seguridad segura de todos los archivos. La versión de lanzamiento del software de simulación debe registrarse y guardarse para respaldar las revisiones de control de calidad.
- Documentar los cambios específicos realizados al modelo de simulación para representar el impacto de cada EEM.
- Cuando sea posible, para nuevos proyectos de construcción, contrate al personal del modelo de energía de proceso o instalación que creó el modelo según lo diseñado para crear el modelo del período de informe calibrado y el modelo de referencia ajustado (descrito a continuación).

Tabla 9: Pasos de calibración para el modelo de simulación

Actividad	de calibración del modelo de pasos
1	Desarrollar los parámetros de entrada necesarios y los supuestos del modelo, y documentar sus valores y fuentes.
2	Reúna datos del período de calibración y documente sus valores y fuentes. Los datos necesarios incluyen datos de consumo y demanda de energía, así como detalles sobre otros factores que influyen en la energía (p. ej., presiones medidas del sistema, puntos de ajuste de temperatura, flujos de materiales, horas de funcionamiento, niveles de ocupación, etc.). Cuando se utilicen estimaciones, documente el rango de valores probables.
3	Ejecute el modelo de simulación y verifique que los sistemas cumplan con los requisitos de rendimiento (p. ej., cargas para cada uso final, puntos de ajuste de zona (temperatura y humedad) para edificios, tasas de producción y parámetros de calidad del producto para aplicaciones industriales).
4	Compare los resultados de energía simulados con los datos de energía medidos de la calibración, cada hora, día o mes para tener en cuenta las diferencias en el clima.
5	Compare los resultados con datos operativos detallados y de rendimiento medido para garantizar que representen el funcionamiento real de las instalaciones y del sistema.
6	Evaluar la coherencia en las formas de carga y otros patrones de uso final y datos de calibración, por ejemplo, gráficos de barras, gráficos de series temporales de diferencia porcentual mensual y diagramas de dispersión XY mensuales, ayudan a identificar discrepancias.
7	Según sea necesario, revise los valores de los datos de entrada establecidos en el Paso 1. Repita los Pasos 3 a 5 para lograr que los resultados previstos cumplan con los requisitos de calibración del proyecto que se especificaron en el Plan de M&V. Recopile más datos operativos de la instalación si es necesario.

9.4.2. Cálculos

El consumo de energía evitado se puede determinar utilizando la energía y la demanda medidas del período del informe, junto con los resultados de la simulación calibrada de los modelos que representan el período de referencia y el período del informe.

INSTALACIONES EXISTENTES

Para los edificios existentes, se puede desarrollar un modelo energético que represente las condiciones existentes del edificio para predecir el impacto de los EEM y/o ayudar con la selección de la mejor combinación de EEM para cumplir con las expectativas del cliente y/o cumplir con los requisitos del código. Una vez instalados los EEM, el consumo y la demanda de energía del período del informe se utilizan para desarrollar el modelo del período del informe. Una vez calibrado (es decir, cuando las diferencias son insignificantes entre los valores reales y los predichos por el modelo), los EEM se eliminan del modelo del período de informe para construir el modelo de referencia. El modelo de referencia representa el edificio existente en las condiciones del período del informe.

También se pueden determinar ahorros de energía normalizados. Si se desea informar ahorros en condiciones normales, el modelo calibrado del período de informe se modificaría para representar las condiciones normales (por ejemplo, condiciones climáticas normales o variables normales) y luego se eliminarían los EEM para desarrollar el modelo de referencia.

NUEVA CONSTRUCCIÓN

Si el período de referencia no existe o los datos de referencia no están disponibles (por ejemplo, nueva construcción o reutilización de un edificio), se puede utilizar el modelo del período de informe calibrado para desarrollar el modelo de referencia. Para proyectos que desarrollan un modelo de referencia hipotético (por ejemplo, energía de referencia que cumple con el código para un nuevo proyecto de construcción), el modelo de referencia para M&V debe desarrollarse a partir del modelo del período de informe calibrado sin los EEM, como se describe anteriormente. En todas las situaciones, los parámetros de entrada de los modelos y los datos de energía medidos deben estar bajo el mismo conjunto de condiciones operativas, similar a la Opción C.

Dado que el modelo sólo está calibrado para un período, se supone que el error de calibración afecta igualmente al Modelos del período de referencia y del período de informe. Para construcciones nuevas, el error de calibración es la energía real del período del informe menos la energía predicha por el modelo calibrado para el período del informe, que puede ser positiva o negativa.

Ecuación 10: Ecuación simplificada para el consumo de energía evitado utilizando la opción D en construcciones nuevas

Consumo de energía evitado =	Energía del período de referencia del modelo calibrado actualizado a Condiciones de referencia
–	Energía del período de informe del modelo calibrado

AHORROS CONTINUOS

Si se requiere una evaluación del desempeño de varios años, los modelos deben recalibrarse cada año del período del informe. Como alternativa, se puede utilizar la opción D durante el primer año después de la instalación de los EEM. En años posteriores, se podrá aplicar la Opción C con el período de referencia basado en los datos medidos del primer año de operación estable del período de informe. En este caso, la Opción C se utiliza en los años siguientes para realizar un seguimiento de la persistencia del ahorro.

INCERTIDUMBRE DEL AHORRO

Las fuentes de incertidumbre sobre los ahorros para la Opción D incluyen suposiciones inexactas utilizadas en el desarrollo del modelo de simulación, errores en los valores estimados utilizados, incertidumbre en el muestreo y errores de medición debido a la instrumentación en cualquier dato de energía submedida.

Como se detalla en 13.2.3, el Plan M&V debe analizar las fuentes de incertidumbre en los ahorros y los requisitos para la calibración del modelo. Se deben identificar las variables medidas y estimadas como parte de los esfuerzos de desarrollo y calibración del modelo, y el posible impacto de los valores estimados sobre la incertidumbre en los ahorros. Esto debe incluir los valores utilizados, el rango de valores probables y las fuentes de los valores estimados.

9.4.3. Mejores aplicaciones

En general, la opción D se aplica mejor cuando:

- Los datos energéticos del período de referencia no están disponibles o no son confiables, como por ejemplo:
 - o Proyecto de nueva construcción
 - o La ampliación de las instalaciones debe evaluarse por separado del resto de las instalaciones.
 - o Campus de instalaciones con medidor central donde no existe un medidor de instalación individual en el período de referencia, pero donde los medidores individuales estarán disponibles después de la instalación de EEM.
- Hay demasiadas EEM para evaluarlas utilizando las Opciones A o B.
- El desempeño de cada EEM se estimará individualmente dentro de un proyecto múltiple de EEM, pero los costos de las opciones A o B son excesivos.
- Las interacciones entre EEM son complejas y significativas, lo que hace que las técnicas de aislamiento de las opciones A y B poco prácticas

Tabla 10 Resumen de opciones de IPMVP

Definición de la opción IPMVP		Cómo se calculan los ahorros	Aplicaciones Típicas
<p>A.</p> <p>Retroadaptación</p> <p>Aislamiento:</p> <p>Llave</p> <p>Parámetro(s)</p> <p>Medición</p>	<p>Los ahorros se determinan mediante la medición en campo de los parámetros clave, que definen el consumo de energía y/o la demanda de los sistemas afectados del EEM.</p> <p>También se pueden definir y medir indicadores de desempeño para garantizar el éxito del proyecto.</p> <p>Las mediciones varían desde periódicas a corto plazo hasta continuas a largo plazo, dependiendo de las variaciones esperadas en los parámetros clave. Los parámetros no seleccionados para las mediciones de campo son valores estimados.</p> <p>Las estimaciones pueden basarse en datos históricos, especificaciones del fabricante o juicios de ingeniería.</p> <p>Se requiere documentación de la fuente y justificación del valor estimado. El posible error de ahorro que surge de la estimación en lugar de la medición se evalúa y es aceptable para las partes interesadas.</p>	<p>Cálculo de la energía del período de referencia y de la energía del período de informe a partir de mediciones periódicas de energía a corto plazo, o de mediciones periódicas a corto plazo o continuas de parámetros clave y de los valores estimados.</p> <p>Ajustes rutinarios y no rutinarios según sea necesario.</p> <p>Los parámetros clave deben medirse tanto durante la línea de base como durante el período del informe.</p>	<p>Una modernización de la iluminación donde el cambio en La energía consumida por el sistema de iluminación es el parámetro más incierto y es se miden y, en segundo lugar, las horas de funcionamiento de la iluminación se estiman en función de los horarios de las instalaciones y el comportamiento de los ocupantes.</p> <p>Notas: múltiples parámetros clave a menudo existen, y la selección de parámetros clave para medir es una consideración importante.</p>
<p>B.</p> <p>Retroadaptación</p> <p>Aislamiento:</p> <p>Todos los parámetros</p> <p>Medición</p>	<p>Los ahorros se determinan mediante la medición continua en campo del consumo y/o demanda de energía o variables proxy validadas y las variables independientes relacionadas del sistema EEM afectado.</p> <p>Las mediciones varían desde periódicas a corto plazo hasta continuas a largo plazo, dependiendo de las variaciones esperadas en los parámetros clave.</p>	<p>Determinación de la energía del período de referencia basada en mediciones continuas o de corto plazo de la energía de la línea de base y del período de informe, o en cálculos de ingeniería que utilizan mediciones de indicadores probados del consumo o la demanda de energía.</p> <p>Ajustes rutinarios y no rutinarios según sea necesario.</p>	<p>Instalación de un variador de frecuencia y controles a un motor para ajustar el flujo de la bomba. Mida la energía eléctrica con un medidor de kW instalado en el suministro eléctrico del motor, que lee la demanda de energía cada minuto. En el período de referencia, este medidor está instalado durante un mes y se realizaron pruebas del sistema para verificar la carga constante en una amplia gama de condiciones operativas. El medidor permanece colocado durante todo el período del informe para medir el consumo y la demanda de energía.</p>

Definición de la opción IPMVP		Cómo se calculan los ahorros	Aplicaciones Típicas
<p>C.</p> <p>Toda la instalación</p>	<p>Los ahorros se determinan midiendo el consumo y/o la demanda de energía en toda la instalación o a nivel de subinstalaciones, a menudo utilizando datos de medidores de servicios públicos.</p> <p>Se toman mediciones continuas del consumo y/o la demanda de energía de toda la instalación o subinstalación durante todo el período de referencia y el período del informe.</p>	<p>Análisis de toda la instalación o subinstalación base y datos de energía del período de informe (por ejemplo, medidor de servicios públicos) y variables independientes.</p> <p>Ajustes de rutina según sea necesario, normalmente utilizando modelos basados en técnicas de análisis de regresión.</p> <p>Ajustes no rutinarios según sea necesario.</p>	<p>Programas multifacéticos de gestión de energía que afectan a muchos sistemas de una instalación. Medir el consumo y/o la demanda de energía con los medidores de los servicios públicos de gas y electricidad para un período base de doce meses y durante todo el período del informe.</p>
<p>D.</p> <p>Calibrado</p> <p>Simulación</p>	<p>Los ahorros se determinan mediante la simulación del consumo y la demanda de energía de toda la instalación, o de un subsistema de la instalación, y comparando los resultados con el consumo y la demanda de energía reales.</p> <p>Se ha demostrado que los modelos de simulación modelan adecuadamente el rendimiento energético real de la instalación.</p> <p>Esta opción requiere una habilidad considerable en simulación calibrada y experiencia con el equipo y los procesos que se modelan.</p>	<p>Consumo y demanda de energía reales y resultados de la simulación.</p> <p>Consumo y demanda de energía a partir de la simulación, calibrado con datos energéticos horarios, diarios o mensuales.</p> <p>Los datos de submedición de energía y de rendimiento medido, incluidos los procesos, se pueden utilizar en una calibración adicional del modelo.</p> <p>Ajustes no rutinarios según sea necesario.</p>	<p>Programas multifacéticos de gestión de energía que afectan a muchos sistemas de una instalación pero en los que no existía ningún medidor en el período de referencia.</p> <p>La medición del consumo y la demanda de energía, después de la instalación de medidores de gas natural, electricidad u otros medidores de energía, se utiliza para calibrar un modelo de simulación.</p>

10. COSTO DE M&V Y RIGOR EN EL AHORRO

10.1. Costo de M&V

Los costos de M&V deben ser apropiados para el nivel de ahorro esperado, el nivel de rigor necesario en los ahorros reportados, el nivel de inversión y beneficios de las EEM, así como los intereses de las partes interesadas en la frecuencia y duración del proceso de presentación de informes. Es difícil generalizar sobre los costos de las diferentes opciones de IPMVP ya que cada proyecto tendrá su presupuesto. Sin embargo, M&V no debería incurrir en más costos de los necesarios para brindar certeza y verificabilidad adecuadas en los ahorros reportados, en consonancia con el presupuesto general de las EEM. El nivel de esfuerzo puede incrementarse para mejorar la confianza en el ahorro.

El costo de determinar los ahorros a través de M&V depende de muchos factores como:

- Opción IPMVP seleccionada y límite de medición utilizado.
- El número de EEM y su complejidad.
- El número y tipo de flujos de energía dentro del límite (o límites) de medición que requieren medición.
- Precisión requerida en los ahorros reportados (es decir, el nivel aceptable de incertidumbre sobre los ahorros).
- El nivel de esfuerzo asociado con la Opción y los enfoques seleccionados, tales como:
 - cantidad y complejidad del equipo de medición necesario en comparación con la instrumentación existente disponible.
(Considere el diseño, instalación, calibración, lectura, remoción, mantenimiento o reinstalación, etc.),
 - nivel de esfuerzo necesario para realizar las mediciones de referencia y del período del informe,
 - tamaños de muestra especificados (si se utilizan) para medir equipos representativos en función de la confianza
Nivel y precisión requeridos en los parámetros medidos.
 - cantidad de ingeniería requerida,
 - complejidad en la recopilación de variables independientes utilizadas en modelos matemáticos, y
 - número y tipo de factores estáticos que afectan el uso de energía dentro del límite de medición
que deben ser documentados y rastreados.
- Actividades de verificación operativa requeridas para cada EEM.
- Inclusión de un tercero encargado de la puesta en servicio de los EEM instalados.
- Duración del período sobre el que se informa.
- Frecuencia de los informes de ahorro y nivel de detalle requerido.
- Se requieren actividades de verificación continua.
- Los métodos utilizados para revisar los planes de M&V y los informes de ahorro.
- Experiencia y cualificación profesional de las personas que realizan la determinación del ahorro.

Los costos de agregar medidores en el límite de medición pueden justificarse para EEM con altos ahorros de energía para garantizar un alto nivel de rigor en los ahorros informados (consulte la Sección 8.6). A veces, los gastos de medición se pueden compartir con otros cuando se pueden utilizar para fines adicionales, como comentarios operativos o facturación a los inquilinos.

Espera que los costos de M&V sean más altos al comienzo del período del informe. En esta etapa de un proyecto, es posible que se requieran nuevas mediciones, los procesos de medición se están refinando y un monitoreo preciso del desempeño ayuda a optimizar el diseño y la operación del EEM. En última instancia, el costo de la determinación de los ahorros debe ser proporcional a la magnitud de los ahorros esperados y otros objetivos relacionados de las partes interesadas.

- Los métodos de la Opción A suelen tener costos más bajos y mayor incertidumbre que los métodos de la Opción B. Dado que las opciones A o B suelen incluir equipos de medición nuevos, el costo de instalación y mantenimiento de estos equipos puede hacer que la opción C sea menos costosa durante períodos de informes más largos, pero esto debe compararse con los costos de rastrear factores estáticos, administrar datos y tomar decisiones. ajustes no rutinarios. La planificación de costos para las Opciones A y B debe considerar todos los elementos: análisis, instalación y calibración del medidor, costos continuos para leer y registrar datos y realizar actividades de verificación. Cuando se instalan múltiples EEM en un sitio, puede ser menos costoso usar las Opciones C o D que aislar y medir múltiples EEM con las Opciones A o B.
- El costo de la opción C depende de la fuente de los datos energéticos y de la dificultad de rastrear los factores estáticos que impactan el uso de energía dentro del límite de medición para permitir ajustes no rutinarios durante el período del informe. Los medidores de servicios públicos funcionan bien, o los submedidores existentes si están calibrados, y los datos se registran correctamente. Esta elección no requiere ningún costo de medición adicional.
Sin embargo, el costo de rastrear los cambios en los factores estáticos depende del tamaño de la instalación, la probabilidad de cambios en los factores estáticos, la dificultad de detectar cambios en el sitio, la disponibilidad de datos frecuentes de los servicios públicos (es decir, cada hora o diariamente) y la vigilancia. procedimientos ya establecidos.
- Un modelo de simulación de la Opción D suele llevar mucho tiempo y ser costoso porque requiere el desarrollo de una simulación energética del edificio, a menudo compleja, que considere todas las partes de la envolvente del edificio, los sistemas, las cargas, los cronogramas o el proceso industrial. Los esfuerzos de modelado y calibración de energía pueden requerir una cantidad sustancial de tiempo de ingeniería especializada y requerirán actualizaciones para tener en cuenta los cambios en los factores estáticos durante el período del informe.

10.2. Manejar la incertidumbre

La determinación del ahorro es incierta porque el ahorro representa la ausencia de uso de energía y no se puede medir directamente. En un proceso de M&V, las incertidumbres en los parámetros utilizados para determinar los ahorros impiden la determinación exacta de los ahorros. Usamos el término error para comparar una medición o pronóstico cuando se conoce el valor verdadero, mientras que el término incertidumbre se usa cuando se desconoce el valor verdadero.

Nuestro objetivo es minimizar las incertidumbres en la determinación del ahorro. Se puede minimizar la incertidumbre minimizando la incertidumbre de los parámetros individuales en un proceso de determinación de ahorros y realizando un análisis exhaustivo de la incertidumbre de los ahorros resultantes.

Las características de un proceso de determinación de ahorros que deben evaluarse cuidadosamente para gestionar la incertidumbre en los ahorros informados son:

- » Error de instrumentación : la medición de cualquier cantidad física incluye errores porque ningún instrumento de medición es 100% preciso. Los errores en los equipos de medición se deben a la calibración, la precisión del instrumento, mediciones inexactas y selección u operación inadecuada del medidor. Es típico verificar las especificaciones y la precisión del instrumento en relación con un instrumento calibrado.
- » Error de modelado : las formas matemáticas del análisis de regresión u otras técnicas no reflejan completamente tener en cuenta todas las variaciones en el consumo o la demanda de energía. Error de modelado limitado (incertidumbre debido a la dispersión de los datos más allá de lo que se caracteriza por las variables independientes apropiadas) se espera y se permite dentro de los límites apropiados. Los altos niveles de error de modelado pueden deberse a variaciones inusuales en los datos, forma funcional inapropiada, inclusión de variables irrelevantes o exclusión de variables relevantes. Es necesario evaluar el error de modelado utilizando parámetros estadísticos para garantizar la validez del modelo y es posible cuantificar la incertidumbre.

» Error de muestreo : el uso de una muestra de la población completa de elementos o eventos para representar a toda la población introduce errores como resultado de la variación en los valores dentro de la población o de un muestreo sesgado.

Muestreo⁴ puede realizarse en un sentido físico (es decir, sólo x número de se miden los accesorios de iluminación) o un sentido temporal (medición instantánea sólo una vez por hora). Es típico cuantificar la precisión real de las estrategias de muestreo estadístico para evaluar la viabilidad de la muestra.

» Valores estimados : error introducido por el uso de parámetros no medidos en ahorros método de cálculo. Es típico evaluar el impacto potencial en los ahorros a partir de los valores estimados utilizando el rango de valores esperados.

» Efectos interactivos : impactos energéticos más allá del límite de medición de los EEM que no están totalmente incluido en la metodología de cálculo del ahorro. Cualquier efecto interactivo estimado debe ser pequeño en comparación con los ahorros generales y estimarse de manera conservadora para limitar los impactos en los ahorros informados.

» Recopilación y análisis de datos : los errores inherentes que surgen de (por ejemplo, datos erróneos o faltantes) también deben gestionarse al desarrollar e implementar el Plan M&V. La implementación de procedimientos rigurosos de garantía de calidad puede reducir estos errores.

Se deben utilizar métodos para cuantificar, evaluar y reducir algunas de estas fuentes de errores e incertidumbres en el desarrollo del Plan M&V para reducir la incertidumbre asociada con la determinación de los ahorros. La evaluación de las características opcionales del programa de M&V puede establecer el nivel de rigor utilizado y respaldar la confianza de las partes interesadas en los ahorros reportados.

Establecer las expectativas de las partes interesadas en la gestión de la incertidumbre y los métodos que se utilizarán para cumplir dichas expectativas. Esto puede incluir una amplia gama de métodos, desde la especificación de requisitos de precisión para equipos de medición, análisis de sensibilidad de parámetros de cálculo, requisitos de métodos de cálculo o incluso determinación matemática completa de la incertidumbre del ahorro.

En la determinación del ahorro, es factible cuantificar muchos factores de incertidumbre, pero normalmente no todos. Por lo tanto, al desarrollar un Plan o Informe de M&V, reconozca e informe todos los factores de incertidumbre, ya sea cualitativa o cuantitativamente. La Evaluación de Incertidumbre para IPMVP presenta métodos para cuantificar la incertidumbre, combinando varios componentes de incertidumbre, junto con ejemplos.

10.3. Equilibrio entre rigor y costo

En un proceso de M&V, el nivel de esfuerzo o rigor para establecer un proceso apropiado de determinación de ahorros, recopilar y preparar datos y calcular los ahorros puede ser más o menos exhaustivo dependiendo del nivel de ahorro y beneficio económico esperado. Una mejor práctica es minimizar el costo asociado con el nivel de rigor del análisis y la recopilación de datos en comparación con el beneficio económico esperado.

El nivel aceptable de incertidumbre esperado reportado en los ahorros está relacionado con el costo de mejorar el nivel de rigor a un nivel apropiado para el valor de los ahorros y la tolerancia al riesgo de las partes interesadas.

La planificación de M&V puede proporcionar un análisis aproximado de costo-beneficio de escenarios alternativos de M&V, pero las partes interesadas deben decidir cuánto gastar y si el nivel esperado de rigor utilizado para determinar los ahorros es aceptable.

⁴ Las mejores prácticas para el uso del muestreo se abordan en Evaluación de incertidumbre para IPMVP EVO 10100–1:2018.

Normalmente, los costos promedio anuales de M&V deben ser inferiores al 10% del ahorro de costos promedio anual que se está evaluando, aunque a veces pueden ser apropiados niveles más altos (por ejemplo, nuevos equipos de medición). requerido). Los costos asociados con el esfuerzo de M&V tienden a aumentar a medida que aumenta el nivel de complejidad del proceso de M&V. Por lo tanto, la cantidad de ahorros en juego impone un límite al presupuesto de M&V, lo que a su vez puede determinar cuánta precisión se puede lograr.

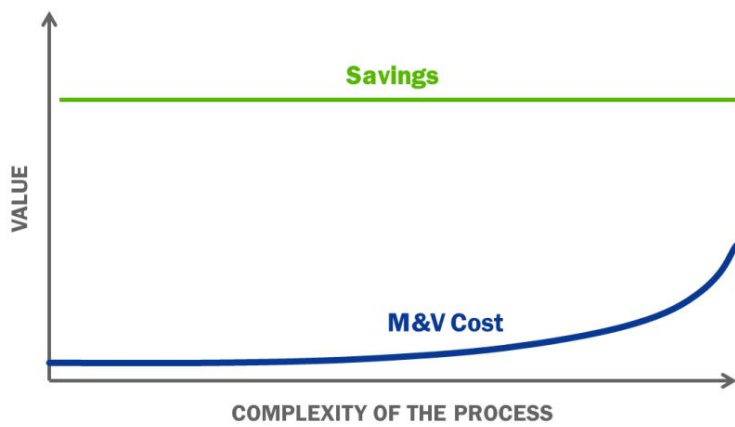


Figura 6: El nivel de ahorro generalmente limita los costos de M&V

El nivel de rigor requerido en un proceso de declaración de ahorros suele ser una cuestión de las partes interesadas del proyecto, que depende de su deseo de confiar en los ahorros. Sin embargo, mejorar la precisión generalmente requiere más o mejores datos operativos, lo que puede aumentar el nivel de esfuerzo y costos, pero tiene beneficios adicionales. Los datos operativos mejorados permiten una mejor comprensión de la eficacia de los EEM, lo que puede conducir a ajustes que aumenten los ahorros. Estos datos se pueden convertir en indicadores de desempeño que se pueden utilizar para gestionar el desempeño de EEM a lo largo del tiempo. Más información operativa también puede ayudar a dimensionar los equipos para ampliaciones de plantas o para el reemplazo de equipos antiguos.

Al determinar el nivel de medición y los costos asociados, el Plan M&V debe considerar la cantidad de variación en el consumo y la demanda de energía dentro del límite de medición y el valor de los ahorros resultantes, como se muestra en la Sección 8.6. Por ejemplo, las cargas programadas de iluminación interior pueden utilizar electricidad de manera bastante consistente durante todo el año, lo que hace relativamente fácil determinar los ahorros, mientras que las cargas de calefacción y refrigeración cambian estacionalmente, lo que dificulta la identificación de los ahorros.

Ejemplos de equilibrio entre rigor y costo

Considere un proyecto en el que las partes interesadas acuerdan que se determinará la incertidumbre sobre los ahorros, con un ahorro esperado de \$100 000 por año y un costo de \$5000 por año para un enfoque de M&V de la Opción C basado en una variable independiente (temperatura del aire exterior). Con un 90% de confianza, es posible una incertidumbre no mejor que $\pm \$25\,000$ ($\pm 25\%$ del ahorro) por año. La incertidumbre esperada en los ahorros reportados se puede reducir a $\pm \$7\,000$ ($\pm 7\%$ de los ahorros) al incluir una variable adicional, pero se requerirían visitas adicionales al sitio para recopilar los datos. En este caso, puede considerarse razonable aumentar los gastos de M&V hasta \$10 000 por año (10% del ahorro), pero no \$20 000 por año (20% del ahorro).

11. AHORRO DE COSTES

La determinación del valor monetario de los ahorros verificados reportados no siempre está dentro del alcance de un esfuerzo de M&V. Cuando se incluya, todos los detalles relacionados sobre cómo se realizarán los cálculos de ahorro de costos deben definirse en el Plan M&V.

Aunque los programas de precios de los servicios públicos varían desde tarifas mensuales en bloque hasta aquellas con múltiples períodos de uso cada día, los ahorros de costos generalmente se determinan mediante uno de dos métodos:

- 1) Determinar la diferencia en los costos totales del consumo y la demanda de energía en el período del informe y cuáles habrían sido los costos sin los EEM.
- 2) Valorar los ahorros directamente del ahorro unitario de energía con base en precios marginales o por tiempo de uso.

Al planificar y reportar ahorros bajo un contrato de desempeño (o cualquier contrato donde los pagos estén supeditados a un desempeño comprobado de ahorro de energía/costos), las partes deben considerar y acordar qué hacer con la incertidumbre (si se calcula) en los ahorros reportados en el contexto de conciliación financiera.

11.1. Costos totales

Para calcular la diferencia en los costos totales del consumo y/o demanda de energía, se aplica la tabla de precios adecuada al consumo y/o demanda de energía. Se debe aplicar la misma tabla de precios al calcular tanto Cb como Cr utilizando la Ecuación 11.

Ecuación 11: Ahorro de costos utilizando el método de costos totales

$$\text{Ahorro de costos} = C_b - C_r$$

Dónde:

C_b = Costo de la energía de referencia más cualquier ajuste (es decir, costo de la energía de referencia ajustada)

C_r = Costo de la energía del período del informe más cualquier ajuste (es decir, costo de la energía ajustada del período del informe)

Los costos utilizados en la ecuación se determinan para la energía ajustada del período de informe, incluidos todos los ajustes rutinarios y no rutinarios, y la energía ajustada del período de referencia, incluidos todos los ajustes rutinarios y no rutinarios.

Este método puede ser mejor cuando los costos reales se basan en programas de tarifas complejos, incluyen costos de demanda o incluyen cambios de tarifas resultantes de la reducción del consumo debido a la instalación de EEM.

11.2. Precios marginales y de tiempo de uso

Alternativamente, los ahorros de costos se pueden calcular directamente a partir de los ahorros unitarios de energía utilizando precios unitarios reales. Este método para valorar los ahorros aplica precios unitarios de energía directamente al ahorro unitario de energía. Se trata de multiplicar las unidades de energía ahorradas por los precios reales de las unidades de energía ahorradas, que pueden variar. El precio unitario real puede ser el precio marginal, que es el costo de una unidad adicional de un producto facturado según un programa de tarifas complejo, como las tarifas en bloque, que cobran un precio determinado por el primer precio definido. cantidad utilizada, con un precio diferente por cada bloque adicional utilizado. De manera similar, determinar el ahorro de costos bajo tarifas de tiempo de uso requiere realizar un seguimiento de los ahorros de energía durante cada período de fijación de precios.

Tenga cuidado de garantizar que los precios marginales determinados sean válidos para el nivel de consumo y demanda tanto del período de referencia como del período de informe. De manera similar, se requiere cuidado al aplicar tarifas por tiempo de uso que cobran precios diferentes por unidad de energía utilizada según la hora del día y la temporada. El concepto de establecer precios base y los factores asociados de aumento del período de informe, como se analiza más adelante, puede aplicarse a los procedimientos de valoración de precios marginales. Se requiere el uso de la lista de precios real para establecer los precios marginales adecuados para la valoración futura de los ahorros específicos del proyecto.

Los precios promedio o combinados determinados dividiendo el costo facturado por el consumo facturado suelen ser diferentes de los precios marginales reales. En general, los precios promedio crean declaraciones inexactas de ahorro de costos y no deben usarse.

11.3. Horarios de precios

La lista de precios debe obtenerse del proveedor de energía. Esta lista de precios debe incluir todos los elementos que se ven afectados por las cantidades medidas, como cargos por consumo, cargos por demanda, créditos de transformadores, factor de potencia, niveles de demanda, ajustes de precios de combustible, tarifas de transmisión, descuentos por pago anticipado e impuestos.

El programa de precios seleccionado puede fijarse o modificarse a medida que cambian los precios. (El aumento de los precios acortará el período de recuperación de la EEM, y la disminución de los precios alargará el período de recuperación, aunque los costos totales de energía disminuirán cuando los precios bajen). Cuando las condiciones del período sobre el que se informa se utilizan como base para informar sobre los ahorros de energía (es decir, el consumo o la demanda de energía evitados), la tabla de precios del período sobre el que se informa normalmente se utiliza para calcular el "costo evitado".

Cuando un tercero ha invertido en las instalaciones del propietario y/o los pagos se basan en ahorros verificados, como en un contrato de desempeño, el programa de precios para la presentación de informes de ahorro normalmente se fija en un programa de precios base en el momento del compromiso de la inversión (o contrato) y normalmente no se permite que caiga por debajo de eso a los efectos de determinar los ahorros verificados en costos de energía para cumplir con los pagos de garantía y soporte.

Los horarios de precios pueden cambiar en momentos diferentes a las fechas de lectura del medidor. Por lo tanto, Cb y Cr en la Ecuación 11 deben calcularse para períodos exactamente alineados con las fechas de cambio de precios. Esta alineación puede requerir una asignación estimada de cantidades a períodos anteriores y posteriores a la fecha de cambio de precio. La metodología de asignación debe ser la misma que la utilizada por el proveedor de energía.

11.4. Estimación de valores futuros

Definir cómo se valorarán los ahorros de energía en años futuros requiere una consideración significativa de los riesgos potenciales de que los costos reales sean mayores o menores que los utilizados en el Plan M&V.

La estimación de los valores energéticos futuros puede resultar complicada por el uso de tarifas por tiempo de uso e instalaciones con energía renovable, generación de energía y sistemas de almacenamiento de energía. En estos casos, suele ser necesario utilizar datos horarios y se pueden requerir datos subhorarios para evaluar los impactos en los costos de la demanda máxima.

Para un contrato de desempeño donde hay ahorros de energía garantizados y los ahorros de costos de energía asociados se utilizan para determinar los pagos al contratista, se debe tener especial cuidado al establecer los precios de la energía. Si el desempeño del EEM se centra en el ahorro de consumo y demanda de energía y

Si el contratista no asume ningún riesgo sobre la garantía de los precios de la energía durante el período de informe del contrato, entonces los precios de la energía deben definirse en el Plan de M&V del contrato y acordarse entre el propietario y el contratista.

Estos precios de energía definidos contractualmente se utilizarían entonces en los ahorros reportados en lugar de los precios de energía reales del período del informe. Esto reduce el riesgo para el propietario de ahorros en costos de energía que cumplan con la garantía debido a precios de energía reales más altos que los proyectados, mientras que los ahorros de energía en el consumo y la demanda no cumplen con la garantía de desempeño. Esto también reduce el riesgo para el contratista de cumplir con la garantía de desempeño energético en consumo y demanda pero aún no cumplir con los ahorros de costos asociados debido a un factor fuera del control del contratista.

Se podrá acordar la determinación y estipulación de una tasa de aumento anual que se aplicará al programa de precios base (para reflejar los precios proyectados del período de informe) para cada año del período de informe con el fin de valorar los ahorros de energía. Existen herramientas industriales disponibles para ayudar con las previsiones de precios de la energía.

Sin embargo, esta es una variable específica del proyecto y del sitio que debe ser cuidadosamente determinada y acordada por el propietario en el Plan de M&V del contrato antes de la implementación del proyecto.

Para los contratos de desempeño, los precios de energía definidos se convierten en los precios de energía del contrato, y las tarifas reales durante el período del informe son solo para información (pueden usarse para ilustrar los ahorros en los costos de energía, pero los ahorros de costos verificados para demostrar la garantía se calculan utilizando el precios de energía contratados).

11.5. Cambio de combustible y cambios en el calendario de precios

La estrategia general de aplicar el mismo programa de precios a la energía de referencia y al período de informe introduce algunas consideraciones especiales cuando el EEM crea un cambio en el tipo de combustible o un cambio en el programa de precios entre el período de referencia y el de informe. Tales situaciones surgen, por ejemplo, cuando una EEM incluye un cambio a un combustible de menor costo o cambia el consumo de energía y/o el patrón de demanda de tal manera que la instalación califica para un programa de precios diferente.

En tales situaciones, utilice la tabla de precios del producto básico de referencia para determinar C_b en la Ecuación 11. La tabla de precios del producto básico del período sobre el que se informa debe usarse para determinar C_r . Sin embargo, ambos cronogramas de precios de productos básicos serían para el mismo período, generalmente el período del informe.

Por ejemplo, la fuente de calefacción se cambia de electricidad a gas y se indican los precios del período de informe de uso. Entonces C_b utilizaría el cuadro de precios de la electricidad del período del informe para toda la electricidad. C_r utilizaría el programa de precios del gas del período del informe para la nueva carga de gas y el programa de precios de la electricidad del período del informe para cualquier uso de electricidad restante.

Sin embargo, este tratamiento de un cambio intencional de lista de precios no se aplica si el cambio no formaba parte de las EEM que se están evaluando. Por ejemplo, si la empresa de servicios públicos cambió sus estructuras de precios sin ningún motivo relacionado con los EEM que se están evaluando, el principio general de utilizar el mismo programa de precios para valorar la energía del período de referencia ajustado y la energía del período de informe ajustado (por ejemplo, C_b y C_r) todavía se aplica.

12. PROBLEMAS COMUNES DE M&V

Esta sección proporciona orientación sobre problemas que surgen comúnmente al realizar M&V, a menudo independientemente de la opción IPMVP elegida.

12.1. Eventos y ajustes no rutinarios

Como se describe en la Sección 7.4.2 – Ajustes no rutinarios, cuando cambios inesperados en las condiciones (incluidas operaciones atípicas) que de otra manera son estáticas (es decir, factores estáticos) afectan el uso de energía dentro del límite de medición, se deben realizar ajustes no rutinarios, como indicado en las ecuaciones de ahorro del IPMVP. Se realizan ajustes no rutinarios además de cualquier ajuste rutinario realizado con el modelo matemático utilizado para tener en cuenta cambios predecibles en las condiciones.

Los ajustes no rutinarios se determinan a partir de cambios físicos reales en las instalaciones, el equipo o las operaciones (es decir, factores estáticos). Siempre que sea posible, se deben considerar las mediciones utilizadas para cuantificar los impactos de los ajustes no rutinarios. A veces puede resultar difícil cuantificar el impacto de los cambios, por ejemplo, si son numerosos o no están bien documentados. El uso de herramientas avanzadas basadas en análisis de datos (consulte la Sección 12.2 – Métodos avanzados de M&V) puede ayudar con el seguimiento y la cuantificación de ajustes no rutinarios. Los métodos para identificar eventos no rutinarios y realizar ajustes no rutinarios son detallado en la Guía de solicitud de IPMVP sobre eventos y ajustes no rutinarios. 5

Se necesitan ajustes no rutinarios cuando ocurre un cambio en el equipo u operaciones que afectan el uso de energía dentro del límite de medición. Tal cambio ocurre en un factor estático, no en variables independientes. Estos tipos de cambios o eventos no rutinarios pueden ocurrir durante cualquier período de M&V, y los cambios pueden incluir el tamaño de las instalaciones, la eficiencia del equipo, la capacidad, la secuencia operativa o cualquier otro elemento que resulte en cambios en el uso de energía dentro de los límites de medición.

Por ejemplo, un EEM mejoró la eficiencia de una gran cantidad de artefactos de iluminación. Cuando se instalaron artefactos de iluminación adicionales después del período de instalación del EEM, se realizó un ajuste no rutinario. La energía de las luminarias adicionales se determinó y se sumó a la energía de referencia para que aún se informaran los ahorros del EEM.

Las condiciones de referencia deben estar completamente documentadas en el Plan M&V para que se puedan identificar cambios en los factores estáticos y realizar los ajustes no rutinarios adecuados. Es importante tener un método para rastrear e informar cambios en estos mismos factores estáticos. El seguimiento de las condiciones puede ser realizado por una o más partes, incluido el propietario de la instalación, el agente que crea los ahorros o un verificador externo. Se debe establecer en el Plan M&V quién hará el seguimiento y reportará cada factor estático. Cuando se pueda anticipar la naturaleza de los cambios futuros, se deben incluir en el Plan M&V métodos para realizar los ajustes no rutinarios pertinentes.

5 La Guía de solicitud de IPMVP sobre eventos y ajustes no rutinarios está disponible a través de www.evo-world.org.

Ejemplos de cambios en factores estáticos que requieren ajustes no rutinarios
Problemas o interrupciones importantes del equipo, cierres de instalaciones u operaciones atípicas
Cantidad de espacio que se calienta o se acondiciona con aire
Tipo de productos que se producen o número de turnos de producción por día.
Características de la envolvente del edificio (nuevo aislamiento, ventanas, puertas, estanqueidad)
Cantidad, tipo o uso de los equipos de la instalación y de los usuarios
Estándares ambientales interiores (p. ej., niveles de luz, temperatura, tasa de ventilación)
Tipo de ocupación u horario de funcionamiento

12.1.1. Condiciones mínimas de funcionamiento

Un programa de eficiencia energética no debe afectar el uso de la instalación a la que se aplica sin el acuerdo de los ocupantes del edificio, los administradores de procesos industriales u otras partes interesadas. Las condiciones clave del usuario pueden incluir niveles de iluminación, temperaturas del espacio, tasas de ventilación, presión de aire comprimido, presión de vapor, tasas de flujo de agua, tasas de producción, etc. El Plan M&V debe registrar las condiciones operativas mínimas acordadas que se mantendrán.

Si las condiciones mínimas de operación no se cumplen en el período de referencia pero son requeridas en el período del informe, se deben utilizar ajustes no rutinarios cuando los impactos en el ahorro de energía sean significativos. Por ejemplo, los problemas de equipo que están presentes en la línea de base pero que se resuelven con los EEM instalados (por ejemplo, reemplazo de accesorios de iluminación inoperables) pueden requerir ajustes no rutinarios para informar los ahorros con precisión.

De manera similar, cuando la ley o la práctica estándar del propietario de la instalación exigen una determinada condición o nivel de eficiencia, los ahorros pueden basarse en la diferencia entre la energía del período del informe y ese estándar mínimo. En estas situaciones, la energía del período de referencia puede establecerse igual o menor que los estándares mínimos de energía aplicables. (En algunos casos, esto se denomina segunda línea de base o línea de base dual).

Se podrían realizar ajustes no rutinarios, por ejemplo, en sistemas que no proporcionan una ventilación adecuada en el período de referencia. Todos los ajustes no rutinarios deben informarse en los informes de ahorro. y se debe realizar un seguimiento durante la vida del proyecto.

12.2. Métodos avanzados de M&V

Los métodos avanzados de M&V se caracterizan por el uso de datos de energía en incrementos de tiempo cortos, generalmente datos diarios, horarios o subhorarios recopilados de medidores de servicios públicos de edificios completos, y el uso de herramientas de software que permiten aplicar estrategias de modelado y análisis de datos avanzados.

La creciente prevalencia de medidores de servicios públicos avanzados, la potencia informática económica y el desarrollo de metodologías de análisis de datos han fomentado el uso de estos métodos de M&V. La adopción de estos métodos está respaldada por el desarrollo de herramientas de software patentadas y de código abierto que incluyen

análisis de datos avanzados y capacidades de análisis M&V. Estas herramientas de software utilizan una variedad de plataformas de análisis (por ejemplo, R, Python) y se basan en análisis de regresión, aprendizaje automático y otros métodos. Estos

Las herramientas, que continúan evolucionando, pueden semiautomatizar los análisis de M&V y retener o mejorar la precisión de los resultados. El software de simulación patentado puede ser aceptable si los algoritmos, cálculos y tratamientos estadísticos son transparentes y están bien documentados.

El uso de datos frecuentes proporciona información más precisa sobre el rendimiento energético y los ahorros logrados que los métodos tradicionales de datos mensuales. Los datos más granulares pueden proporcionar información útil para optimizar los ahorros y permiten que los enfoques de la Opción C se apliquen de manera creíble a menudo cuando los ahorros esperados son inferiores a lo razonable con los datos de facturación mensual. Una mayor resolución en los ahorros permite aplicar con precisión las tarifas de tiempo de uso y evaluar los impactos de la demanda máxima. Además, permite la evaluación continua del desempeño energético y la detección de cambios en los patrones de uso de energía, que pueden indicar un cambio en el desempeño del EEM o la ocurrencia de un evento no rutinario.

Estos métodos impactan directamente la aplicación de la Opción C del IPMVP para todo el edificio y también pueden influir en la implementación de otras Opciones de M&V. Por ejemplo, estos métodos de análisis se pueden aplicar a la energía de intervalo y a los datos de variables independientes recopilados de los subsistemas de construcción bajo un enfoque de Opción B. Los datos del medidor de energía de intervalo se pueden usar para confirmar los programas operativos utilizados en las aplicaciones de la Opción A o B y proporcionan la base para una calibración mejorada de los modelos de simulación utilizados en la Opción D.

Actualmente, la información sobre M&V avanzada se resume en un documento técnico de IPMVP2F.⁶ y EVO tiene una herramienta Portal de pruebas⁷ para probar la precisión de las herramientas de software utilizadas para las evaluaciones de la Opción C.

12.3. Ahorros a la vista

Los ahorros de demanda en una instalación pueden proporcionar ahorros de capacidad para el servicio público proveedor y ahorros de costos para la instalación. Los ahorros de demanda se determinan y valoran de manera diferente en diferentes circunstancias, y los detalles deben definirse en el Plan M&V. Los ahorros en la demanda generalmente se logran cuando los EEM reducen la capacidad de la instalación.

Demanda general durante períodos específicos definidos por la empresa proveedora, pero puede basarse en otros criterios. como los objetivos de gestión de la demanda a nivel de sitio.

La medición de la demanda de electricidad de toda la instalación generalmente requiere un registro continuo de la demanda en el medidor de la empresa de servicios públicos o en un submedidor, a veces registrando las salidas de pulsos directamente desde el medidor de la empresa de servicios públicos.

A partir de este registro se puede evaluar la demanda del medidor según períodos definidos. En algunos casos, pico

La demanda puede definirse como la reducción promedio de la demanda durante horas específicas del año o correspondiente a ciertas condiciones climáticas. En otros casos, la demanda máxima puede definirse como la más alta valor sobre un promedio móvil de 15 minutos. No todas las tarifas incluyen cargos por demanda y es posible que algunos servicios públicos no identificar de antemano el momento de mayor demanda.

Los métodos de medición de la demanda de electricidad varían entre las empresas de servicios públicos. El método de medición de la demanda eléctrica en un submedidor debe replicar el método que utiliza la compañía eléctrica para el medidor de facturación correspondiente. Se debe tener cuidado para garantizar que la carga de la instalación se mida siguiendo la metodología de medición de la empresa de servicios públicos, y que todos los submedidores estén sincronizados con las lecturas de la empresa de servicios públicos, de modo que las cargas máximas altas pero de corta duración que pueden aparecer de manera diferente en un intervalo de tiempo en movimiento que en un intervalo de tiempo fijo se representan correctamente. Cuando se utilizan los métodos de la Opción C, se debe tener cuidado para garantizar que los modelos utilizados predigan adecuadamente la demanda, lo que en instalaciones que dependen del clima puede requerir el uso de la máxima

⁶ Vea la instantánea de IPMVP en AM&V, enero de 2020.

⁷ El portal de prueba de herramientas EVO está disponible <https://mvportal.evo-world.org/>. El portal de prueba de herramientas EVO fue diseñado por Berkeley Lab para comparar la precisión predictiva de cualquier herramienta o modelo, independientemente de si es de código abierto o propietario.

o temperaturas ambiente mínimas durante el intervalo medido en lugar de la temperatura promedio como variable independiente.

Al determinar los impactos de la demanda máxima de los métodos de aislamiento de modernización que involucran múltiples instalaciones de equipos similares con cargas u horarios variables, los ahorros en la demanda variarán con el tiempo.

Por esta razón, los ahorros de demanda obtenidos a nivel de todo el edificio deben considerarse en función de las operaciones reales del equipo durante el período definido. Cuando no se miden todas las cargas, se necesita un factor de coincidencia que represente la relación entre la demanda operativa del EEM durante el período de máxima demanda y el consumo total de energía del equipo cuando está en funcionamiento, para tener en cuenta adecuadamente la diversidad en las operaciones del equipo y la coincidencia real . impacto durante el período de máxima demanda de la empresa de servicios públicos.

Las empresas de servicios públicos a menudo solicitan reducciones de la demanda a los clientes sin previo aviso o utilizan controles automatizados para lograr reducciones de la demanda a corto plazo a nivel del sitio. En estos escenarios de respuesta a la demanda, el corto plazo Las líneas de base pueden ser definidas por la empresa de servicios públicos, que utiliza solo días anteriores seleccionados de condiciones climáticas similares. Estas líneas de base suelen ser más simplistas y utilizan diferentes métodos de ajuste de rutina. que los utilizados en la Opción C.

12.4. Problemas de submedición

Es importante seguir buenas prácticas de medición para permitir el cálculo del ahorro de energía con una precisión y repetibilidad razonables.

Las prácticas de medición evolucionan continuamente a medida que mejoran los equipos de medición. Por lo tanto, utilice las mejores prácticas actuales en instrumentación de medición y gestión de datos para ayudar a determinar los ahorros. Cuando los medidores se utilizan para obtener valor comercial adicional,

Es posible que esas funciones comerciales asuman algunos de los costos de medición.

La aplicación adecuada de medidores para aplicaciones específicas es una ciencia en sí misma. Se encuentran disponibles numerosas referencias para este propósito, como la Guía ASHRAE 14-2014.

8

12.4.1. Mediciones de electricidad

Para medir la electricidad con precisión, mida el voltaje, el amperaje y el factor de potencia, o la potencia cuadrática media real (RMS) con un solo instrumento. Siempre que sea posible se deben utilizar medidores de potencia RMS y registradores de datos. Las mediciones RMS tienen en cuenta las distorsiones que ocurren normalmente en la corriente alterna, así como los cambios en el factor de potencia.

En casos raros de cargas puramente resistivas, como lámparas incandescentes y calentadores de resistencia sin motores de ventilador, la medición del amperaje y el voltaje y la medición puntual del factor de potencia pueden ser adecuadas para determinar el vataje. También es posible utilizar sólo datos de amperaje cuando se demuestra que una carga es constante y se han realizado mediciones puntuales de voltajes y factor de potencia y se cree que son razonablemente consistentes. Cuando no mida la potencia RMS, asegúrese de

que la forma de onda eléctrica de una carga resistiva no sea distorsionada por otros dispositivos en la instalación. Los valores RMS pueden ser reportados por instrumentos digitales de estado sólido que toman en cuenta adecuadamente las distorsiones netas de las ondas de potencia existentes en los circuitos de corriente alterna y deben usarse excepto en casos excepcionales.

8 Directriz ASHRAE 14-2014, Medición de Energía, Demanda y Ahorro de Agua

12.4.2. Calibración del medidor

Se deben verificar las lecturas de los medidores y calibrarlos según sea necesario siguiendo los procedimientos recomendados. por el fabricante del equipo y por autoridades de medición reconocidas. Siempre que sea posible, se debe utilizar equipo de calibración rastreable. Los sensores y equipos de medición deben seleccionarse basándose en parte en la facilidad de calibración y la capacidad de mantener la calibración. Una solución atractiva es la selección de equipos que se autocalibran. Los medidores de potencia de estado sólido modernos generalmente requieren una recalibración menos frecuente una vez calibrados inicialmente.

Es posible que sea necesario compensar las mediciones volumétricas del gas natural con temperatura y presión, y el valor calórico del combustible puede variar. Para la submedición de gas natural, los valores calóricos reales utilizados para Se deben adoptar fines de facturación de servicios públicos.

12.5. Problemas de datos

12.5.1. Datos faltantes o perdidos

Ningún proceso de recopilación de datos está exento de errores. Las metodologías para la recopilación de datos del período que se informa difieren en el grado de dificultad y, en consecuencia, en la cantidad de datos erróneos o faltantes que pueden surgir. El Plan M&V debe establecer una tasa máxima aceptable de pérdida de datos y cómo se medirá. Este nivel debe ser parte de la consideración de precisión general. El nivel de pérdida de datos puede afectar drásticamente el costo.

El Plan M&V también debe establecer una metodología mediante la cual se manejarán los datos faltantes o erróneos del período de informe y cuándo se podrá permitir la interpolación. En tales casos, se necesitan modelos del período de informe para interpolar entre los puntos de datos medidos de modo que se puedan calcular los ahorros para cada período.

Tenga en cuenta que los datos de referencia consisten en hechos reales sobre la energía y variables independientes tal como existían durante el período de referencia. Por lo tanto, los problemas de datos de referencia no deben ser reemplazados por datos modelados, excepto cuando se utiliza la Opción D. Cuando falten datos de referencia o estos sean inadecuados, busque otros datos reales para sustituir o cambiar el período de referencia para que contenga sólo datos reales. El Plan M&V debe documentar la fuente de todos los datos de referencia.

12.5.2. Uso de Sistemas de Monitoreo y Control para la Recolección de Datos

Muchas instalaciones cuentan con sistemas computarizados para monitorear o controlar los equipos o procesos de una instalación. Estos se conocen comúnmente como sistemas de información y gestión de energía (EMIS) o sistemas de automatización de edificios (BAS), y pueden proporcionar gran parte del monitoreo y la recopilación de datos para algunos esfuerzos de M&V. Sin embargo, el hardware y el software del sistema deben ser capaces de realizar el control de monitoreo y la recopilación de datos previstos simultáneamente, sin ralentizar el procesamiento de la computadora, consumir un exceso de ancho de banda de comunicación o sobrecargar el almacenamiento. También se debe considerar la frecuencia de los datos registrados, así como los métodos de comunicación y gestión de datos.

El software del sistema de control a menudo puede realizar otras funciones para ayudar en el seguimiento de los cambios en los factores estáticos durante el período del informe, como registrar automáticamente los cambios en los puntos de ajuste u otros factores que rigen la energía. Los sistemas de control pueden registrar el consumo y la demanda de energía con su capacidad de tendencias, similar a los sistemas EMIS que normalmente registran el consumo de energía de varios equipos o sistemas.

Se debe tener mucho cuidado para:

- Controlar el acceso y/o cambios al registro de tendencias del sistema del cual se extrae la energía o el parámetro clave. se extraen los datos.
- Desarrollar rutinas de posprocesamiento para cambiar cualquier dato de cambio de valor del sistema de control en datos de series de tiempo para realizar el análisis.
- Validar que las especificaciones de los submedidores sean apropiadas para la aplicación, estén correctamente ubicados, mapeados y calibrados. Obtenga del proveedor del sistema:
 - o calibraciones estándar trazables de todos los medidores y sensores utilizados
 - o evidencia de que los algoritmos patentados para contar y/o totalizar pulsos y unidades son precisos, y el compromiso de que existe una capacidad de procesamiento y almacenamiento adecuada para manejar datos de tendencias y al mismo tiempo respaldar las funciones de control del sistema.

12.6. Estadísticas para M&V

Las estadísticas se utilizan para resumir, analizar, interpretar datos y evaluar resultados. Por lo tanto, a menudo se requieren en M&V, incluso al evaluar datos medidos, validar cualquier modelo matemático desarrollado para ajustar rutinariamente el consumo de energía, cuando se utilizan mediciones de una muestra de equipo y cuando se considera la incertidumbre en los ahorros.

Se pueden utilizar muchas métricas estadísticas en M&V, y aquí se describen algunos (pero no todos) de los términos y conceptos fundamentales. Los detalles y ejemplos relacionados están disponibles en la Guía de aplicación sobre evaluación de la incertidumbre del IPMVP9.

12.6.1. Uso de niveles de confianza e intervalos de confianza

Los resultados estadísticos se basan en supuestos subyacentes junto con criterios de análisis específicos. Cuando los valores estimados se basan en análisis matemáticos, se especifica un nivel de confianza y se informa la incertidumbre de medición resultante; en conjunto, expresan la precisión de un resultado. Estos valores a menudo se especifican como (nivel de confianza requerido)/ (incertidumbre o intervalo de confianza medio deseado), como 95/10 u 80/15. Los mayores niveles de rigor se indican mediante niveles más altos de confianza con menor incertidumbre (por ejemplo, un resultado de 95/10 es más preciso que 80/15).

- Nivel de confianza (o nivel de confianza) se refiere a la probabilidad de que el rango citado contenga el verdadero valor.
- Intervalo de confianza (o precisión¹⁰) es el rango dentro del cual se espera que ocurra el valor verdadero a un nivel de confianza específico (equivalente al doble de la incertidumbre sobre el ahorro).¹¹

⁹ Las métricas estadísticas clave incluyen, entre otras, media, varianza muestral, desviación estándar, RMSE o error estándar de la estimación, grados de libertad, estadístico t, coeficiente de variación de RMSE e incertidumbre del ahorro fraccional. Consulte Evaluación de incertidumbre para IPMVP, 2018.

¹⁰ Tenga en cuenta que el uso del término precisión puede ser contrario a la intuición. Los valores de baja precisión corresponden a estimaciones más estrictas (menor incertidumbre).

¹¹ Los intervalos de confianza se determinan multiplicando el error estándar de la estimación por un estadístico t, que aumenta con niveles más altos de confianza.

Expresar la incertidumbre sobre los ahorros

La incertidumbre en cualquier valor de ahorro informado se expresa adecuadamente como el rango dentro del cual esperamos que caiga el valor real, con cierto nivel de confianza.

Por ejemplo, un cálculo de ahorro puede dar como resultado un ahorro de 5000 unidades con una incertidumbre de ± 200 unidades, con una confianza del 95%. Tal afirmación significa que tenemos un 95% de confianza en que el verdadero valor del ahorro está entre 4.800 y 5.200 unidades o son 5.000 unidades $\pm 4\%$. El intervalo de confianza es $5200 - 4800 = 400$ unidades y la incertidumbre del ahorro es 200 unidades.

12.6.2. Evaluación de resultados

Pueden ser aceptables diferentes niveles de incertidumbre. Sin embargo, las partes interesadas deben acordar la precisión de cualquier modelo específico utilizado, incluidos los modelos matemáticos utilizados a menudo en las Opciones B y C, y los modelos de simulación utilizados en la Opción D. Con este fin, se pueden utilizar métricas de umbral específicas para asegurar razonablemente modelos precisos. Se especifica el nivel de confianza que se utilizará en los análisis y se informan las métricas resultantes que describen la bondad de ajuste de un modelo en comparación con los datos reales (p. ej.,

error de sesgo medio neto – NMBE, coeficiente de variación del error cuadrático medio – Cv(RMSE) e incertidumbre del ahorro fraccional – FSU). De manera similar, es importante verificar la significancia de todas las variables independientes incluidas en un modelo utilizando métricas estadísticas (p. ej., estadístico $t > 2$).

Es posible que se requiera que los modelos de regresión estadística cumplan con ciertos criterios mínimos para garantizar la validez de los resultados de ahorro informados. Dichas evaluaciones son necesarias para 1) validar la importancia de las variables independientes, 2) garantizar que un modelo tenga suficiente precisión para determinar los ahorros y 3) validar los supuestos de las regresiones.

¹² Las variables independientes utilizadas en los modelos para determinar los ahorros pueden confirmarse utilizando una métrica estadística (por ejemplo, valor p, estadística t) basada en el nivel de confianza especificado y la cantidad de datos observados.

Para que un modelo se considere válido, se debe considerar su precisión en relación con el nivel de ahorro esperado. Específicamente, el error estándar de la estimación debe ser inferior al 50% de los ahorros esperados en un nivel de confianza específico, normalmente no inferior al 68%, aunque se trata de umbrales modestos. En los análisis de M&V a menudo se prefieren niveles de error más bajos con niveles de confianza del 80% al 90%, y estos niveles deben incluirse en el plan de M&V.

Estos son valores de umbral mínimos necesarios para garantizar que el nivel esperado de ahorro pueda determinarse utilizando un modelo determinado. Si no se alcanza este umbral, es posible que los ahorros informados no sean válidos. De manera similar, los ahorros pueden no ser totalmente evidentes (por ejemplo, "perdidos en el ruido") cuando los niveles de incertidumbre son demasiado altos. Sin embargo, la incertidumbre total en el ahorro incluye la propagación de la incertidumbre de cada componente en la ecuación de ahorro del IPMVP (descrita a continuación).

PROPAGACIÓN DE ERRORES

Para garantizar que la incertidumbre resultante en los ahorros reportados sea aceptable, se debe gestionar y evaluar la incertidumbre total en los ahorros al desarrollar un Plan de M&V. La propagación de errores es una

¹² Los mínimos cuadrados ordinarios (OLS) son una técnica de regresión lineal de uso común. Los análisis MCO se basan en supuestos clave que incluyen linealidad en los coeficientes, distribución normal de los datos, independencia de las variables (sin multicolinealidad), independencia de los datos (sin autocorrelación) y varianzas iguales (homoscedasticidad).

concepto importante y necesario para realizar esta evaluación. Como se analizó en la Sección 10.2, los valores utilizados para determinar los ahorros tienen errores o incertidumbres. La incertidumbre total en los ahorros son las incertidumbres (o errores) combinadas en los valores utilizados en la Ecuación 2 del IPMVP, incluida la energía del período de referencia, la energía del período de informe y cualquier error que exista en los ajustes calculados. Tenga en cuenta que los valores de error solo se pueden combinar (mediante los cálculos cuadráticos que se describen a continuación) cuando tienen el mismo nivel de confianza.

Dado que los ahorros de energía generalmente se suman a lo largo del tiempo, se debe considerar el error en cada valor incluido. Sin embargo, la incertidumbre total puede no ser una simple suma de errores, sino que suele ser menor (según la teoría de la probabilidad, la suma de errores independientes¹³ puede simplificarse a una suma cuadrática: la raíz cuadrada de la suma de los componentes de error individuales al cuadrado). Se aplican reglas adicionales, pero la incertidumbre total disminuye algo con el tiempo a medida que aumenta el número total de puntos de datos. Tenga en cuenta que se necesitan consideraciones especiales para determinar la incertidumbre cuando se utilizan datos energéticos de series temporales frecuentes (p. ej., cada hora) afectados por la autocorrelación en los datos, ya que la simplificación en la combinación de componentes de incertidumbre ya no es aplicable.

12.6.3. Dígitos significativos y redondeo

Se debe tener cuidado en reconocer los números de dígitos significativos utilizados en los cálculos de M&V ya que un mal uso puede comprometer la aceptación del resultado. Limitar los dígitos significativos y redondear de manera conservadora los ahorros calculados al dígito significativo más cercano son mejores prácticas que respaldan el principio de M&V de estimar los ahorros de manera conservadora.

Al realizar cálculos aritméticos, se debe considerar la precisión inherente de los datos, de modo que el resultado no presuponga una precisión mayor de la defendible. Por esta razón, los ingenieros han adoptado un estándar de reglas relacionadas con el uso de dígitos significativos y el redondeo que limita la resolución de un resultado a lo que respaldan los datos.

Cada valor utilizado en un cálculo de ahorro puede tener un nivel diferente de precisión, que generalmente se indica mediante el número de dígitos significativos o su incertidumbre de medición conocida. La resolución del cálculo

Los ahorros generalmente equivalen al número más pequeño de dígitos significativos de cualquiera de los valores utilizados, aunque el tratamiento varía según el análisis.

Tenga en cuenta que incluir valores exactos con infinitos dígitos significativos no afecta los resultados de los cálculos, ya que los resultados están limitados por el valor incluido con los dígitos menos significativos. Para garantizar la coherencia y la repetibilidad, todos los cálculos deben realizarse mediante una operación aritmética antes de aplicar las reglas de redondeo. Puede ser aconsejable definir estas reglas y cómo se aplicarán para determinar los ahorros.

Ejemplo de dígitos significativos utilizando una tarifa de servicios públicos

Un ejemplo de un número exacto podría ser una tarifa de servicios públicos. Si la tarifa de una compañía eléctrica local fuera de \$0,06 por kWh y la Compañía X usara 725.691,0 kWh un mes, la factura de servicios públicos sería de \$43.541,46, no de \$40.000 por regla de redondeo. Esto se debe a que la tarifa de los servicios públicos es exacta; se puede representar como \$0,06000 por kWh.

¹³ Con errores totalmente covariantes, la propagación del error es equivalente a su suma aritmética.

12.7. Generación y almacenamiento de energía in situ

Los sistemas de energía renovable, generación de energía y almacenamiento de energía en el sitio se encuentran comúnmente en las instalaciones que llevan a cabo el proceso de M&V. Será necesario contabilizar la energía de estos sistemas si afectan el consumo, la generación o los costos de energía dentro del límite de medición.

A menudo, se utilizan fuentes in situ para compensar la energía de todo el edificio y la demanda proporcionada por una empresa de servicios públicos y, en algunos casos, proporcionar un exceso de energía a la empresa de servicios públicos. La energía y la demanda de este tipo de sistemas normalmente deben medirse continuamente. En estos casos, los proyectos que utilizan las Opciones C o D deben incluir la energía en el sitio al establecer la energía de referencia y del período de informe. Esto puede incluir considerar múltiples fuentes de energía, incluida cualquier energía proporcionada a una empresa de servicios públicos.

En algunos casos, se puede instalar un sistema de generación o almacenamiento de energía en el sitio como EEM. En estos casos, puede ser necesaria la medición directa de la energía neta y la demanda proporcionada por el sistema in situ.

Los requisitos para ajustes y cálculos variarán según los límites de medición seleccionados, las variables relevantes y los requisitos de presentación de informes.

Tenga en cuenta que en los casos en los que se utilizan múltiples límites de medición para tener en cuenta todo el edificio y los sistemas de generación y/o almacenamiento de energía, los límites de medición deben ser dispares y las mediciones de energía en cada sistema deben realizarse simultáneamente para determinar la energía neta para cada uno.

Se requiere cuidado al aplicar las ecuaciones de ahorro del IPMVP en estos casos, especialmente cuando la energía fluye puede revertirse.

Al determinar el consumo de energía evitado, el consumo real y/o la demanda proporcionada por los sistemas de generación y almacenamiento durante el período del informe, los valores medidos se pueden utilizar directamente.

y es posible que deba alinearse con la empresa de servicios públicos. Si es necesario normalizar el consumo y/o la demanda proporcionada por el sistema de energía in situ a condiciones fijas, se deben recopilar y utilizar datos variables independientes relacionados con el sistema para ajustar de forma rutinaria la energía o demanda medida a las condiciones fijas seleccionadas.

En algunos casos, las empresas de servicios públicos tienen programas de respuesta a la demanda u otros programas en los que se solicitan reducciones de la demanda a los clientes sin previo aviso y pueden utilizar controles automatizados para lograr reducciones de la demanda a corto plazo a nivel del sitio. Las instalaciones con sistemas de generación y almacenamiento de energía pueden proporcionar a las empresas de suministro flexibilidad adicional en sus niveles de demanda y, a veces, se las denomina edificios habilitados para la red (GEB).

El valor del ahorro de energía y la energía proporcionada a la empresa de servicios públicos se puede determinar utilizando el estrategias para valorar los ahorros en la Sección 11. Tenga en cuenta que es probable que los cambios en el cronograma de precios de los servicios públicos resulten de la instalación de sistemas de energía en el sitio, y generalmente se aplicarán las estructuras de tarifas por tiempo de uso.

12.8. Contratos de desempeño de servicios energéticos (ESPC)

Un contrato de desempeño de servicios energéticos (ESPC) es un acuerdo contractual entre una empresa de servicios energéticos (ESCO) y el propietario de una instalación. La ESCO instala EEM en la instalación y el propietario le paga a la ESCO.

recuperar su inversión durante un período de años gracias a los ahorros en costos de energía generados por el proyecto.

La ESE generalmente monitorea el desempeño del proyecto durante la vigencia del contrato e informa periódicamente los ahorros de energía verificados.

Los acuerdos de contratación varían, pero los resultados de M&V son la base de estas transacciones financieras. En estos casos, el Plan M&V debe diseñarse cuidadosamente para garantizar que se generen suficientes ahorros de costos para cubrir flujos de efectivo contratados durante la duración del contrato y para asignar adecuadamente los riesgos de ahorro (es decir,

los ahorros son menores o mayores de lo esperado) entre las partes interesadas. Dado que los detalles del Plan M&V asignan efectivamente los riesgos, los enfoques M&V utilizados deben considerar las responsabilidades de cada parte interesada.

Se pueden seleccionar diferentes tipos de acuerdos contractuales debido a la fuente de financiamiento del proyecto, la ESE seleccionada, la tolerancia al riesgo de las partes interesadas u otras consideraciones.

En los acuerdos de ahorro garantizado, como en los proyectos municipales, el objetivo principal del proyecto puede ser realizar mejoras en las instalaciones o adquirir equipos. Se pueden utilizar esfuerzos de M&V para garantizar que los ahorros cumplan con los umbrales fijados de desempeño financiero basándose en garantizar que se logre un nivel mínimo de ahorro. Sin embargo, en los acuerdos de ahorro compartido los pagos pueden variar y se basan en el desempeño real. En otros casos, la ESE posee, opera y mantiene los equipos que utilizan energía relacionados con los EEM, y el propietario de la instalación compra el uso final (por ejemplo, vapor, agua helada) a tarifas acordadas durante un período específico. período de tiempo.

En cualquiera de estos, hay varias cuestiones que deben abordarse. Por lo general, estos incluyen consideraciones financieras, operativas y relacionadas con el desempeño, tales como, entre otras:

- Tasas de interés, costos de construcción, cronogramas, costos futuros de energía.
- Condiciones operativas futuras, gestionando ajustes no rutinarios.
- Desempeño de EEM a largo plazo y operaciones, mantenimiento y reparaciones relacionadas.

12.9. Programas gubernamentales y de servicios públicos

Las agencias gubernamentales y de servicios públicos crean y administran programas de reducción de energía por varias razones, incluidos mandatos regulatorios que exigen la adquisición rentable de ahorros de energía. En estos casos, el M&V suele ser realizado por el programa y luego complementado por actividades adicionales de evaluación, medición y verificación (EM&V) realizadas en una muestra de los proyectos del programa para evaluar la rentabilidad y los ahorros generales logrados.

Los objetivos de los programas de ahorro de energía y demanda varían ampliamente, aunque muchos programas deben lograr un nivel mínimo de energía o ahorro de demanda de una cartera de proyectos y al mismo tiempo cumplir con criterios de rentabilidad, según lo determine un evaluador de programas externo calificado.

Estos programas incluyen aquellos centrados en el desempeño por encima del código en nuevos proyectos de construcción, incentivos de cadena de suministro ofrecidos a fabricantes y proveedores de equipos, reembolsos a clientes basados en equipos instalados, proyectos de energía personalizados con estrictos M&V a nivel del sitio y programas de flexibilidad de la demanda (por ejemplo, respuesta a la demanda) utilizando datos casi en tiempo real.

Los programas generalmente tienen sus pautas de M&V, que a menudo se basan en el IPMVP y pueden incluir la aplicación de todas las opciones del IPMVP (p. ej., Opción A – modernizaciones de iluminación, Opción B – equipo personalizado mejoras, Opción C – mejoras integrales de las instalaciones y Opción D – construcción de nuevas instalaciones).

Sin embargo, en muchos casos, generalmente se siguen los procedimientos para cada una de las opciones del IPMVP, pero no se incorporan otros elementos del IPMVP. Es posible que M&V a nivel de programa no cumpla con los requisitos de IPMVP por diversos motivos, que incluyen, entre otros:

- Falta de mediciones a nivel de sitio en los períodos de referencia y de informe.
- No establecer un Plan de M&V específico para el proyecto. ▪
- Falta de datos sobre las condiciones operativas básicas.
- Utilizar modelos matemáticos estadísticamente no válidos.
- Ignorar eventos no rutinarios y los ajustes correspondientes necesarios en los ahorros a nivel del sitio.

- Se realizan inspecciones del sitio, pero no se miden la energía ni los parámetros clave.
- Indicar erróneamente la opción IPMVP que se está utilizando.

Ahorros de energía a nivel del sitio que no se basan en el requisito de IPMVP para mediciones de rendimiento

Los datos realizados in situ antes y después de la implementación de una EEM pueden ser inexactos. Sin embargo, en conjunto, estas estimaciones de ahorro pueden ser suficientes para planificar y rastrear el progreso general del programa cuando los valores de ahorro se actualizan a través de un esfuerzo de EM&V de terceros.

12.9.1. Evaluación, Medición y Verificación (EM&V)

Las evaluaciones de programas se realizan después o simultáneamente con los esfuerzos de M&V a nivel de programa. Los esfuerzos de EM&V esperan validar y potencialmente mejorar el rigor en los ahorros de energía reportados por un Programa, y también puede estimar los ahorros de energía continuos de los EEM del Programa en años futuros.

Los programas gubernamentales y de servicios públicos tienen pautas específicas de EM&V, que a menudo afirman que cumplen con el IPMVP y pueden incluir criterios adicionales para evaluar los ahorros de un programa. Los esfuerzos de EM&V pueden utilizar cualquiera de las Opciones de M&V de IPMVP. Las estrategias de adhesión al IPMVP utilizadas eficazmente por los evaluadores incluyen, entre otras:

- Complementar los esfuerzos de recopilación de datos in situ del evaluador con datos recopilados por el Programa, especialmente datos del período de referencia.
- Usar períodos de medición adyacentes y utilizar estrategias de control de encendido y apagado para evaluar las condiciones con y sin EEM (descrito en la Sección 7.2.4).
- Reducir la energía del período de referencia utilizada en la determinación de ahorros a las condiciones requeridas por el código, utilizando efectivamente una segunda o doble línea de base.

En muchos casos, no es posible cumplir plenamente con el IPMVP debido al acceso del evaluador externo a los datos de referencia específicos del sitio. Sin embargo, al igual que los programas evaluados, los esfuerzos de EM&V generalmente pueden seguir pero no cumple plenamente con los requisitos de IPMVP por diversas razones. Es posible que se apliquen los ejemplos enumerados anteriormente para M&V a nivel de programa, y motivos adicionales pueden incluir, entre otros:

- Falta de datos sobre las condiciones de referencia y cualquier cambio posterior en los factores estáticos.
- Usar grupos de comparación para realizar ajustes no rutinarios en los ahorros en lugar de ajustes específicos del proyecto.
- Predecir ahorros futuros basándose en supuestos generalizados sobre la vida de las EEM.
- Usar terminología que entre en conflicto con los términos y definiciones del IPMVP.
- Usar una pequeña muestra de proyectos que pueden no representar efectivamente los proyectos reales.

Incluso cuando los procedimientos utilizados en la evaluación de un programa no cumplen plenamente con el IPMVP, los esfuerzos de EM&V generalmente siguen los principios del IPMVP, como hacer estimaciones de ahorro conservadoras. Sin embargo, cuando los ahorros de energía no se basan en los procedimientos de M&V que cumplen con el IPMVP y se aplican en cada proyecto individual, el los resultados pueden ser poco fiables.

12.10. Agua

La M&V de eficiencia hídrica es análoga a la M&V de eficiencia energética y utiliza técnicas de M&V similares. La técnica relevante para cualquier proyecto depende de la naturaleza del cambio que se evalúa y de las condiciones específicas del sitio y de la medición de agua disponible.

Los equipos que consumen agua suelen estar bajo el control de los usuarios de las instalaciones (ocupantes del edificio o directores de producción). Por lo tanto, puede resultar difícil monitorear el comportamiento de los usuarios según sea necesario para realizar ajustes en el uso total del agua de la instalación para la aplicación de los métodos de la Opción C. Los métodos de aislamiento de modernización a menudo se aplican más fácilmente, utilizando una muestra de las modernizaciones para demostrar el desempeño de un grupo completo de cambios.

El agua utilizada por los sistemas mecánicos puede verse afectada por las cargas de enfriamiento por evaporación, los puntos de ajuste operativos, el nivel de purga requerido para los sistemas hidráulicos, las fugas del sistema, la integridad de los sistemas de vapor y condensado y las variaciones en las cargas de las calderas.

Cuando se evalúa el uso de agua exterior, el término de ajuste en la Ecuación 2 del IPMVP puede estar relacionado con parámetros que impulsan el uso de agua, como las tasas de precipitación y evaporación. Los dispositivos de medición de flujo de líquido se aplican más comúnmente en M&V para proyectos de eficiencia hídrica y una combinación de muestreo puede ser apropiado.

12.11. Cuantificación de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

Los métodos IPMVP cuantifican los ahorros de energía en unidades de energía ahorradas a nivel del sitio por fuente de energía y no consideran los impactos de los ahorros de energía a nivel del sitio en la fuente de energía, que pueden ser diferentes debido a las pérdidas de generación, transmisión y distribución. Esta es una consideración clave en la cuantificación de la reducción de emisiones de GEI. Además, el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero asociados con cada fuente de energía es diferente y puede cambiar con el tiempo.

Para verificar un producto de reducción de emisiones, el IPMVP y el Plan de M&V del proyecto deben usarse junto con el protocolo de contabilidad del esquema de certificado de emisiones apropiado (por ejemplo, ISO 14064–

2) orientación específica relacionada con la conversión de ahorros de energía en reducciones de emisiones equivalentes y para garantizar el cumplimiento de cualquier método requerido.

Al diseñar el proceso para determinar las unidades de energía ahorrada, se deberá considerar lo siguiente, de acuerdo con el programa de comercio de emisiones correspondiente:

- Los ahorros eléctricos deben dividirse en períodos pico y períodos valle o delinearse aún más como requerido.
- La autogeneración en la instalación debe medirse por separado.
- Es posible que sea necesario cambiar la energía de referencia ajustada para adaptarse a los requisitos del programa.
- Se debe realizar un seguimiento de los ahorros de energía por sitio individual, por tipo de combustible y dispositivo de combustión, según corresponda necesario.
- Los factores de conversión de emisiones de GEI y su fuente para valorar el ahorro de energía deben estar referenciados en el Plan M&V y el Informe M&V. Los factores pueden variar según el tipo de combustible, la ubicación y el tiempo de uso.
- Al informar los ahorros de energía verificados y las correspondientes emisiones de GEI, indique claramente el alcance de los ahorros de energía verificados, que pueden no representar una cuantificación absoluta de las reducciones de GEI para el límite y el período de informe establecidos.

12.12. Persistencia de los ahorros

La persistencia del ahorro de energía se puede lograr más allá del período del informe de M&V realizando esfuerzos de seguimiento que se basen en M&V. Un enfoque es el de “Monitoreo, focalización y presentación de informes” (MT&R), que puede seguir sin problemas el proceso de M&V. Si se han utilizado las Opciones B y C para verificar los ahorros, el proyecto contará con medidores para la medición rutinaria del consumo. Más importante aún, los modelos

También se han desarrollado sistemas que correlacionan el uso de energía con factores determinantes como el clima. Estos mismos modelos se pueden “reajustar” para estimar el consumo de energía que representa la instalación de EEM. Esto permite una comparación periódica del consumo real y esperado, que revelará y cuantificará fácilmente cualquier pérdida de efecto EEM (o desperdicio no relacionado), permitiendo tomar medidas correctivas rápidas en los casos en que el costo evitable inesperado se considere significativo.

13. PLAN M&V Y REQUISITOS DE INFORMES

La orientación proporcionada en esta sección puede ser utilizada por un ingeniero de proyectos o un especialista en M&V para desarrollar o revisar un plan de M&V o un informe para el cumplimiento del IPMVP. Esta sección describe el contenido requerido en un Plan M&V y un Informe M&V. Para que un Plan o Informe M&V se considere adherente, debe incluir todo el contenido sugerido presentado en esta sección.

Un componente clave en el cumplimiento del IPMVP implica el desarrollo y la implementación de un plan de M&V claro y transparente específico del proyecto que describa todas las mediciones y datos que se recopilarán, los métodos de análisis empleados y las actividades de verificación que se llevan a cabo para evaluar el desempeño de una medida, o un proyecto.

Un Plan de M&V adherente ayudará a garantizar que la medida o el proyecto pueda alcanzar su máximo potencial y que los ahorros puedan verificarse con la certeza adecuada. Para proyectos de contratación por desempeño donde el Plan M&V define cómo se verificarán los ahorros para garantizar que se haya cumplido la garantía de ahorro contractual y para validar los pagos asociados, se debe desarrollar y acordar un Plan M&V adherente como parte de la aprobación final del contrato y/o antes de la instalación de los EEM del proyecto.

13.1. Requisitos del plan M&V

Un Plan M&V adherente aborda todos los criterios presentados en los elementos siguientes y también cumple con los requisitos de cumplimiento especificados en la Sección 6. Tenga en cuenta los requisitos de cumplimiento adicionales específicos para proyectos que utilizan las Opciones A, Opción C y Opción D, y estos elementos también se requieren en el Informe M&V.

Los títulos de cada una de las secciones siguientes se pueden utilizar como guía para configurar títulos/secciones en un Plan M&V¹⁴. Aunque existe un flujo lógico/recomendado en el orden de los temas que se incluirán en el Plan M&V, este orden específico no es un requisito para el cumplimiento. Sólo se requiere que todos estos puntos estén contemplados en el Plan M&V.

13.1.1. Descripción general de las instalaciones y del proyecto

Un plan de M&V debe proporcionar una descripción general de la instalación y el proyecto propuesto junto con una lista de todos los EEM que se incluyen como parte del proyecto. Esta sección también debe incluir referencias a cualquier informe de auditoría energética relevante u otros análisis utilizados para desarrollar el proyecto.

13.1.2. Intención de la medida de eficiencia energética

Esta sección del Plan M&V debe proporcionar una comprensión clara del alcance y la intención de cada medida.

Como mínimo, esta sección debe incluir:

- Una descripción detallada de la medida.
- Cómo la medida ahorra energía, demanda u otros recursos (por ejemplo, mejora la eficiencia, reduce las horas de funcionamiento, etc.).
- El efecto de la medida sobre factores operativos como puntos de ajuste de temperatura, horas de operación, etc., y si la medida corregirá posibles deficiencias operativas.
- Un inventario de equipos impactados.
- Ahorros esperados estimados en unidades de energía y fuente de estimación.

¹⁴ Una plantilla de M&V que corresponde a este formato está disponible en www.evo-world.org.

13.1.3. Opción IPMVP seleccionada y límite de medición

Especifique las opciones de IPMVP que se utilizarán para evaluar los ahorros.

Identifique claramente el límite de medición para guardar la determinación. El límite puede ser tan estrecho como el flujo de energía a través de una tubería o un cable o tan amplio como el consumo y la demanda total de energía en muchas instalaciones.

Esta sección también debe describir la naturaleza de cualquier efecto interactivo más allá del límite de medición junto con su posible efecto en los ahorros del proyecto. Los efectos interactivos cuantificados también deben incluirse en esta sección con la justificación adecuada.

13.1.4. Energía y condiciones del período de referencia

Esta sección del Plan M&V documenta la energía de referencia de la instalación o el sistema y la demanda y el consumo dentro del límite de medición junto con los correspondientes factores que influyen en la energía (por ejemplo, variables independientes, condiciones operativas y factores estáticos), y debe ser consistente con la Opción seleccionada y datos necesarios para realizar análisis específicos.

La documentación de referencia debe incluir la siguiente información:

IDENTIFICACIÓN DEL PERÍODO BASE

Identifique el período de tiempo específico durante el cual se evalúan y documentan la operación y las condiciones de la instalación o sistema antes de la implementación de EEM. Este período de referencia suele ser un año, pero puede ser cualquier período dependiendo de las necesidades específicas de M&V.

DATOS BASE DE CONSUMO Y DEMANDA DE ENERGÍA

Incluya los datos de referencia reales y cómo se recopilaron (incluidos los detalles técnicos). Si los datos de energía de referencia aún no existen, el Plan M&V debe incluir exactamente cómo se establecerá y utilizará la línea de base.

Los datos de demanda y consumo de energía de referencia pueden incluir datos de facturación de servicios públicos y/o datos de intervalos de medidor si se usan las Opciones C o D, o datos de intervalo de medidor, mediciones puntuales o datos de mediciones a corto plazo si se usan las Opciones A o B. Esto incluye los datos energéticos recopilados durante el período de referencia. Estos datos normalmente se consideran la variable dependiente.

DATOS VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA ENERGÍA

Datos recogidos de las variables que influyen en la energía correspondientes al periodo de tiempo de los datos de consumo de energía. Esto puede incluir variables como datos de tasas de producción, temperatura ambiente, velocidades de referencia del equipo, presiones o cualquier otra variable recopilada mediante mediciones puntuales, mediciones a corto o largo plazo. Estos datos normalmente se consideran variables independientes que afectan la variable dependiente discutida anteriormente.

CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

Documentar las condiciones prevalecientes de las instalaciones durante el período de referencia correspondiente a los datos de las variables dependientes e independientes. Normalmente se supone que estas condiciones (es decir, factores estáticos) permanecen sin cambios durante los períodos de referencia, de instalación y de informe, pero deben documentarse para evaluar la necesidad de ajustes no rutinarios. Los ejemplos de condiciones iniciales pueden incluir, entre otros:

- Tamaño de las instalaciones, equipos y sistemas instalados.
- Tipo de ocupación, densidad de ocupación, cargas de equipos y tiempos de funcionamiento de los equipos.
- Condiciones de operación (p. ej., secuencias de control de equipos y puntos de ajuste, niveles de iluminación, niveles de ventilación) para cada modo operativo y temporada.
- Problemas significativos en los equipos o cambios operativos durante el período de referencia.

El Plan M&V debe registrar las condiciones mínimas de operación acordadas que se mantendrán. Especificado

Las condiciones pueden incluir niveles de luz, temperaturas del espacio, tasas de ventilación, presión del aire comprimido, presión del vapor, tasas de flujo de agua, tasas de producción, etc.

Nota: Consulte la discusión en la Sección 7.3 – Condiciones del período base.

13.1.5. Requisitos de verificación operativa

Especifique las actividades de verificación operativa que se requieren después de la instalación de EEM para confirmar que la instalación esté completa, cumpla con las especificaciones y tenga el potencial de ahorrar energía como se esperaba. Esta sección debe incluir:

- Qué datos se recopilarán para confirmar que el EEM esté instalado correctamente y cumpla con la intención del EEM.
- Quién es responsable de realizar estas actividades de verificación.
- Si estas actividades se van a repetir durante el período del informe, cuándo y por quién.
- Qué se informará respecto de las actividades de verificación realizadas.

13.1.6. Período(s) de informe

El período del informe es un intervalo seleccionado para evaluar y cuantificar el desempeño de la medida posterior a la instalación. El Plan de M&V identificará el período o períodos de informe para los cuales se está evaluando la medida o el proyecto. Esto puede ser por un período corto de tiempo inmediatamente después de la instalación de la medida para garantizar que esté funcionando según lo previsto, o podría ser por un período más largo en intervalos periódicos, como un año, varios años u otros períodos de tiempo.

En los casos en que el período de referencia y el período de informe no tengan la misma duración, es importante explicar cómo se normalizan los períodos de tiempo para que el consumo y la demanda de energía de la línea de base y del período de informe se comparen de manera uniforme y confiable.

En un contrato de desempeño, el período de desempeño se refiere a la duración de la garantía del proyecto y se compone de numerosos períodos de informe. Normalmente, la ESE debe informar periódicamente sobre el desempeño del proyecto y las EEM durante todo el período de desempeño. Tenga en cuenta que una vez que las actividades de M&V cesen o concluyan, el período del informe ya no se considerará adherente al IPMVP.

13.1.7. Base para el ajuste

Las condiciones operativas que afectan el consumo de energía pueden diferir entre los períodos de referencia y de informe. Es importante hacer ajustes confiables para tener en cuenta estos cambios en las condiciones de operación.

Las condiciones para la base del ajuste determinan si los ahorros se reportan como uso de energía evitado o como ahorro de energía normalizado.

El Plan M&V debe proporcionar detalles sobre cómo se ajustará el consumo y la demanda de energía de la línea base y/o del período de informe para permitir cálculos de ahorro válidos como se describe en la Sección 4.3. El método para realizar ajustes de rutina (por ejemplo, pronóstico, retrospectiva o ajuste a condiciones estándar), el

Se deben especificar las condiciones seleccionadas como base para el ajuste y el tipo de ahorro que se informará (es decir, uso de energía evitado o ahorro de energía normalizado).

Cuadro 11: Base de ajuste y tipo de ahorro

Tipo de ahorro	Base de ajuste	Rutina Ajustamiento Método	Descripción
Energía evitada Consumo	Período de información Condiciones	Previsión	La energía del período base se ajusta a las condiciones del período de informe.
	Período de referencia Condiciones	retrospectiva	La energía del período de informe se ajusta a las condiciones del período de referencia.
Energía normalizada Ahorros	"Normal" o Fijo Condiciones	Normalizando	Tanto la energía de referencia como la del período de informe se ajustan a condiciones estándar, por ejemplo, condiciones de año meteorológico típico (TMY).

AJUSTES NO RUTINARIOS

Detalle cualquier ajuste no rutinario requerido a la línea base para ajustar las deficiencias en las condiciones operativas de la línea base.

El Plan M&V debe proporcionar una descripción de los criterios y métodos para identificar y validar eventos no rutinarios y para realizar ajustes no rutinarios relevantes para tener en cuenta cambios inesperados en factores estáticos durante el período del informe. Indique los criterios sobre cuándo se evaluarán los eventos no rutinarios y se requerirán ajustes para determinar adecuadamente los ahorros. Dado que los cambios no rutinarios pueden aumentar o disminuir los ahorros, deben tratarse por igual.

Describa los métodos que se utilizarán para realizar ajustes no rutinarios, incluida cómo se estimarán los impactos en los costos. Puede resultar eficaz hacer referencia a procedimientos específicos de la Guía de solicitud del IPMVP sobre eventos y ajustes no rutinarios.

13.1.8. Metodología de cálculo y procedimiento de análisis.

El Plan M&V debe especificar procedimientos de análisis de datos, descripciones de modelos y supuestos que se utilizan para calcular los ahorros para cada uno de los períodos de informe. Se deben incluir las ecuaciones de ahorro del IPMVP utilizadas.

Para cada modelo utilizado, identifique y defina todas las variables independientes, variables dependientes y otros términos relacionados con el modelo. Informar todos los coeficientes y constantes, así como las métricas estadísticas (CV{RMSE}, MBE, R², estadísticos t) para variables independientes y otros elementos o términos del modelo. Informar el rango de Variables independientes sobre las cuales un modelo es válido.

13.1.9. Ahorro de costes

El Plan M&V debe indicar si es necesario asignar un valor monetario a los ahorros. De ser así, los precios o tarifas de los servicios públicos que se utilizarán para calcular los ahorros de costos asociados con la medida o proyecto y cómo se

El valor monetario de los ahorros se ajustará si los precios cambian durante la vida de una medida o de un proyecto. El plan debe definir e informar claramente cómo se manejarán los cambios en los precios de los servicios públicos/recursos u otras variables que afecten la valoración de los resultados de M&V, y los detalles de cualquier tasa de inflación y/o aumento asumida o estipulada contractualmente.

Hay muchas consideraciones que se deben tener en cuenta al establecer los precios relevantes, y el lector debe consultar la Sección 9.1 – Aplicación de los precios de la energía para obtener más detalles.

Si se requiere la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero equivalentes en los resultados de M&V informados, entonces se determinan los factores de equivalencia de GEI aplicables para el límite de medición y el período de medición. Los factores de equivalencia varían con el tiempo y la ubicación y, como tal, es importante hacer referencia a la fuente de estos factores (por ejemplo, valores de informes internos, la empresa de servicios públicos informada, legislada por el gobierno aplicable).

13.1.10. Detalles de medición

El plan debe especificar los detalles para recopilar cada punto que se utilizará como datos de M&V, incluida la medición puntual y continua de energía o parámetros clave. Para medidores de energía que no son de servicios públicos, el Plan M&V debe especificar:

- Especificaciones del medidor que incluyen: tipo, marca, modelo, así como el rango, resolución, exactitud y precisión de las lecturas.
- Datos a recopilar, formatos y responsabilidades relacionadas.
- Protocolo de lectura de contadores y testificación en caso de requerirse.
- Los procedimientos de instalación de medidores nuevos o temporales.
- Requisitos y procedimientos de calibración de medidores.
- Detalles para la recogida y transferencia de datos.
- Método para tratar los datos perdidos o faltantes.

13.1.11. Responsabilidades de seguimiento y presentación de informes

El plan debe establecer responsabilidades para recopilar, analizar, archivar y reportar los datos.

La gestión de los datos de M&V debe asignarse a la parte que esté calificada para acceder, gestionar y proporcionar conjuntos de datos de manera eficiente y efectiva. Las responsabilidades deben incluir como mínimo:

- Adquisición de datos de Energía y Variables Independientes.
- Gestión de equipos y sistemas de medida.
- Monitoreo de factores estáticos que impactan el uso de energía dentro del límite de medición.
- Verificación operativa e inspecciones periódicas.
- Análisis y retención de datos adquiridos.
- Elaboración y publicación de Informes M&V.

13.1.12. Precisión esperada

El Plan M&V debe incluir la precisión esperada de los ahorros de energía informados. Describa las fuentes de incertidumbre en los ahorros, como la medición, la captura de datos, el muestreo, el modelado y el análisis de datos, y describa la evaluación de la incertidumbre que se utilizará en el informe de ahorros planificados.

Esta evaluación debe incluir cualquier evaluación cualitativa y cuantitativa factible relacionada con el nivel de incertidumbre en los ahorros. Reporte todas las fuentes de incertidumbre en los ahorros, información sobre la fuente de incertidumbre, la dirección esperada y la magnitud del impacto en los ahorros. En algunos casos, es posible que se requieran estimaciones de la incertidumbre en los ahorros.

13.1.13. Presupuesto de M&V

El Plan de M&V debe incluir el presupuesto y los recursos necesarios para las actividades de M&V, incluida la determinación de ahorros y los costos asociados tanto con la configuración inicial como con las tareas en curso para evaluar, documentar las condiciones del período de referencia e informar los ahorros estimados y otras métricas de desempeño requeridas para cada uno de los periodos sobre los que se informa.

13.1.14. Formato de informe M&V

El plan debe detallar el formato y el contenido acordados para informar los resultados de M&V durante el período del informe, incluida la frecuencia de la presentación de informes. Consulte la Sección 13.3 – Informes de M&V para obtener más detalles.

Se debe indicar la distribución del informe y cualquier requisito para su revisión y emisión formal.

13.1.15. Seguro de calidad

El Plan M&V debe incluir procedimientos y procesos de garantía de calidad que se utilizarán en la recopilación de datos de referencia y posteriores a la modernización, los cálculos, el almacenamiento de informes y cualquier paso intermedio en la preparación de informes.

Los procedimientos de garantía de calidad deben incluir:

- Inspecciones periódicas para garantizar que la medida y el equipo sigan funcionando según lo previsto.
- Métodos para tratar con datos perdidos o faltantes

Otras actividades pueden incluir:

- Requisitos para la supervisión o revisión de terceros
- Revisión por pares de los cálculos de ahorro
- Evaluación de la precisión de los métodos de medición
- Cálculo de la incertidumbre en el ahorro

13.2. Requisitos adicionales de M&V

13.2.1. Opción A - Requisitos adicionales

JUSTIFICACIÓN DE ESTIMACIONES

El Plan M&V debe identificar claramente las variables a estimar como parte del cálculo del ahorro y su impacto en la incertidumbre en el ahorro. Esto debe incluir los valores reales utilizados y la fuente de los valores estimados. Aunque no es obligatorio, es una buena práctica mostrar la importancia general de estas estimaciones respecto del ahorro total esperado informando el rango de posibles ahorros asociados con el rango de valores plausibles de los parámetros estimados.

INSPECCIONES PERIÓDICAS

El plan debe especificar las inspecciones periódicas que se realizarán en el período del informe para verificar que el equipo todavía esté en su lugar y funcionando como se supone. Esto puede incluir la medición de parámetros clave y la verificación de los valores estimados para garantizar que sigan siendo válidos.

13.2.2. Opción C – Requisitos adicionales

METROS INCLUIDOS

Todos los combustibles utilizados dentro de los límites de medición deben incluirse en los análisis. Se debe proporcionar una justificación para excluir cualquier combustible.

IDENTIFICACIÓN DEL SOFTWARE

El Plan M&V debe incluir el nombre y el número de versión de cualquier software o paquete de análisis de datos que se utiliza para calcular el ahorro.

ENERGÍA Y DATOS VARIABLES INDEPENDIENTES

El Plan M&V debe describir la fuente de toda la energía y los datos variables independientes y los procesos utilizados para obtener y gestionar los datos. Los datos utilizados deben informarse y los datos sin procesar deben archivar y ponerse a disposición según sea necesario. Esto puede incluir datos de intervalo, facturas de servicios públicos, datos meteorológicos y datos sobre otras variables independientes.

El Plan e Informe de M&V deben proporcionar copias de la energía, el clima y otros datos utilizados en los análisis, incluidos los archivos y/o informes de entrada y salida. Detalles sobre cualquier postprocesamiento de datos utilizado, Se deben proporcionar métodos de análisis, herramientas y cálculos.

Métricas de ajuste del modelo

El plan M&V debe incluir las estadísticas de bondad de ajuste del modelo seleccionado (por ejemplo, nivel de confianza, error estándar, CV(RMSE), R^2 , Error de sesgo medio neto, estadístico t para variables independientes) y los criterios de bondad de ajuste necesarios para que el modelo energético de referencia sea aceptable dado el nivel de ahorro esperado. Incluya el rango de las variables independientes cubiertas por el modelo y el rango para el cual se considerará válido en el período del informe.

Los informes M&V deberían detallar de manera similar la bondad de las métricas de ajuste para los modelos del período del informe. Aunque no es obligatorio, es una buena práctica calcular la incertidumbre en los ahorros e informar el rango de posibles valores de ahorro.

13.2.3. Opción D - Requisitos adicionales

IDENTIFICACIÓN DEL SOFTWARE

El Plan M&V debe informar el nombre y el número de versión del software de simulación que se utiliza para calcular los ahorros.

DATOS DE ENTRADA/SALIDA

El plan debe proporcionar copias de los archivos de entrada, archivos de salida y/o informes, y archivos meteorológicos o identificación de archivos meteorológicos, utilizados para la simulación, incluidos cualquier método y cálculo de desarrollo de presentación o postprocesamiento.

DATOS MEDIDOS

El Plan de M&V debe describir el proceso de obtención de cualquier dato medido, incluidos qué parámetros de entrada se midieron y qué parámetros de entrada se estimaron. También se deben informar los datos medidos reales y los datos sin procesar deben archivar y ponerse a disposición según sea necesario. Esto puede incluir datos de intervalo o facturas de servicios públicos.

CALIBRACIÓN DEL MODELO

El plan debe informar los datos de energía y operación que se utilizarán para la calibración, incluidos los requisitos de calibración (por ejemplo, CV{RMSE}, MBE, etc.) y la precisión con la que los resultados de la simulación deben coincidir con los datos de energía de calibración y la instalación real. condiciones. Los datos de respaldo deben proporcionarse a intervalos mínimos de un mes (es decir, período de facturación), pero se prefiere una mayor resolución e incluir una descripción de los pasos tomados para calibrar el modelo de simulación. Los informes de M&V también deben incluir los resultados de la calibración del modelo, como se especifica en la Sección 9.4.2.

JUSTIFICACIÓN DE ESTIMACIONES

El Plan M&V debe identificar claramente las variables estimadas como parte del cálculo del ahorro y su impacto en la incertidumbre en el ahorro. Esto debe incluir los valores reales utilizados y la fuente de los valores estimados. Aunque no es obligatorio, es una buena práctica mostrar la importancia general de estas estimaciones respecto del ahorro total esperado informando el rango de posibles ahorros asociados con el rango de valores plausibles de los parámetros estimados.

13.3. Requisitos de informes de M&V

Se preparan informes periódicos de M&V para documentar y comunicar los hallazgos del proyecto de medición y verificación utilizando los procedimientos descritos en el Plan de M&V. La frecuencia y el formato de estos Informes de M&V deben estar definidos en el Plan de M&V. La verificación de los ahorros puede ser realizada por una parte independiente o por el desarrollador del proyecto siempre que la supervisión del control de calidad sea realizada por una persona debidamente calificada.

El informe debe incluir, como mínimo, la siguiente información:

13.3.1. Descripción general del informe M&V

- Fecha del Informe M&V.
- Autor y Revisor del Informe M&V.
- Referencia al Plan M&V correspondiente.
- Partes clave incluidas en la distribución del informe publicado.
- Entidades/individuos involucrados en las actividades del período sobre el que se informa.
- Procedimientos de aseguramiento de la calidad y acciones tomadas.

13.3.2. antecedentes del proyecto

- Opción M&V elegida para el EEM o proyecto como parte del Plan M&V.
- Descripción de EEM(s).
- Fechas de inicio y fin del período de reporte y frecuencia de los Informes M&V.

13.3.3. Actividades de recopilación de datos de M&V realizadas durante el informe actual Período

- Hora de inicio y finalización del periodo de medición.
- Datos energéticos y de parámetros clave recopilados.
- Datos de variables independientes y factores estáticos.
- Descripción y resultados de las actividades de inspección realizadas.
- Actividades del período de instalación, incluidos detalles relacionados con las actividades de verificación operativa.
- realizado, si aún no se ha informado.

13.3.4. Cálculos y Metodología del Ahorro

- Proporcionar una descripción detallada del análisis y la metodología de los datos.
- Proporcionar una lista actualizada de supuestos y fuentes de datos utilizados en los cálculos.
- Proporcionar detalles de cualquier ajuste de referencia o de ahorro, incluidos ajustes rutinarios y no rutinarios para tener en cuenta los cambios.
- Se deben incluir ajustes previos no rutinarios si afectan los ahorros reportados.

13.3.5. Ahorros verificados

- Incluir una presentación clara de todos los ahorros de energía y demanda, ahorros de costos y una comparación con los ahorros esperados.
- Discutir las fuentes de incertidumbre. Si es necesario, proporcione la incertidumbre estimada en los ahorros declarados.
- Proporcionar detalles de los valores utilizados para calcular el valor de los ahorros declarados, si es necesario, y el fuente de los valores (por ejemplo, tarifa de servicios públicos o detalles del contrato).

13.3.6. Información adicional requerida

Todos los elementos adicionales requeridos para el Plan M&V para una Opción específica también deben incluirse en los Informes M&V, incluidos los especificados anteriormente como 'Requisitos adicionales' para las Opciones A, C y D.



Organización de valoración de eficiencia

1629 K Street NO, Suite 300

Washington, DC 20006, EE. UU.

WWW.EVO-WORLD.ORG