



Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



Programa de formación de competencias profesionales en eficiencia energética

Módulo 1: **Herramientas de apoyo para la eficiencia energética**

Nombre: Carlos Mario Flores Lazo

Correo: cmflores@uca.edu.sv



Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



Submódulo No. 1: Herramientas de gestión energética (6 horas, jueves 8 y lunes 12 de junio)

1. Unidad didáctica 1: Metodología para auditorías energéticas
2. Unidad didáctica 2: Medición del desempeño energético
3. Unidad didáctica 3: Medición y verificación de ahorros de energía



Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



Submódulo No. 1: Herramientas de gestión energética

1. Unidad didáctica #1: Metodología para auditorías energéticas ISO 50002
2. **Unidad didáctica #2: Medición del desempeño energético**
ISO 50006:2014 – Medición del desempeño energético usando Líneas Base, Indicadores de Desempeño – Principios y lineamientos.
3. **Unidad didáctica #3: Medición y verificación de ahorros de energía**
ISO 50015:2014 – Medición y Verificación del desempeño Energético en Organizaciones – Principios y lineamientos.



Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



Submódulo No. 1: Herramientas de gestión energética

- Unidad didáctica #2: Medición del desempeño energético
(según ISO 50006:2015)



Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



ISO 50006:2014 (E)

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
50006

First edition
2014-12-15

**Energy management systems —
Measuring energy performance using
energy baselines (EnB) and energy
performance indicators (EnPI) —
General principles and guidance**

Contents

	Page
Foreword.....	iv
Introduction.....	v
1 Scope	1
2 Normative references	1
3 Terms and definitions	1
4 Measurement of energy performance	4
4.1 General overview.....	4
4.2 Obtaining relevant energy performance information from the energy review.....	7
4.3 Identifying energy performance indicators.....	12
4.4 Establishing energy baselines.....	15
4.5 Using energy performance indicators and energy baselines.....	16
4.6 Maintaining and adjusting energy performance indicators and energy baselines.....	17
Annex A (informative) Information generated through the energy review to identify EnPIs and establish EnBs	18
Annex B (informative) EnPI boundaries in an example production process	19
Annex C (informative) Further guidance on energy performance indicators and energy baselines	21
Annex D (informative) Normalizing energy baselines using relevant variables	24
Annex E (informative) Monitoring and reporting on energy performance	28
Bibliography	33



Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



ISO 50006:2014 (E)

Introducción

1. Orientación práctica para cumplir con los requisitos de ISO 50001 sobre indicadores de desempeño energético (IDEs) y línea base de energía (LBEs).
2. Importancia de los IDEs y LBEs en la medición y gestión del desempeño energético.
3. Interrelación clave entre IDEs y LBEs en ISO 50001 para la gestión de la energía.

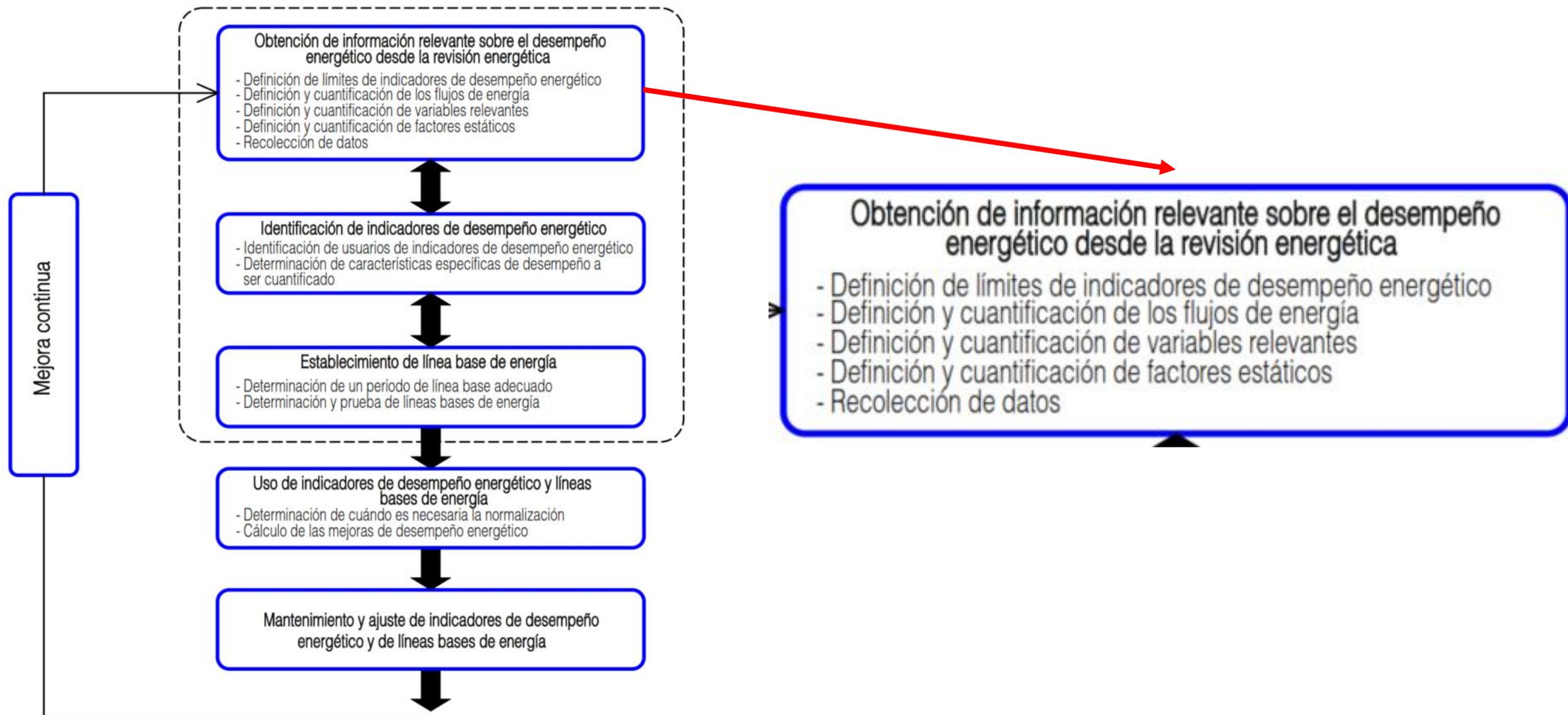


Figura 2 – Visión general de la medición del desempeño energético

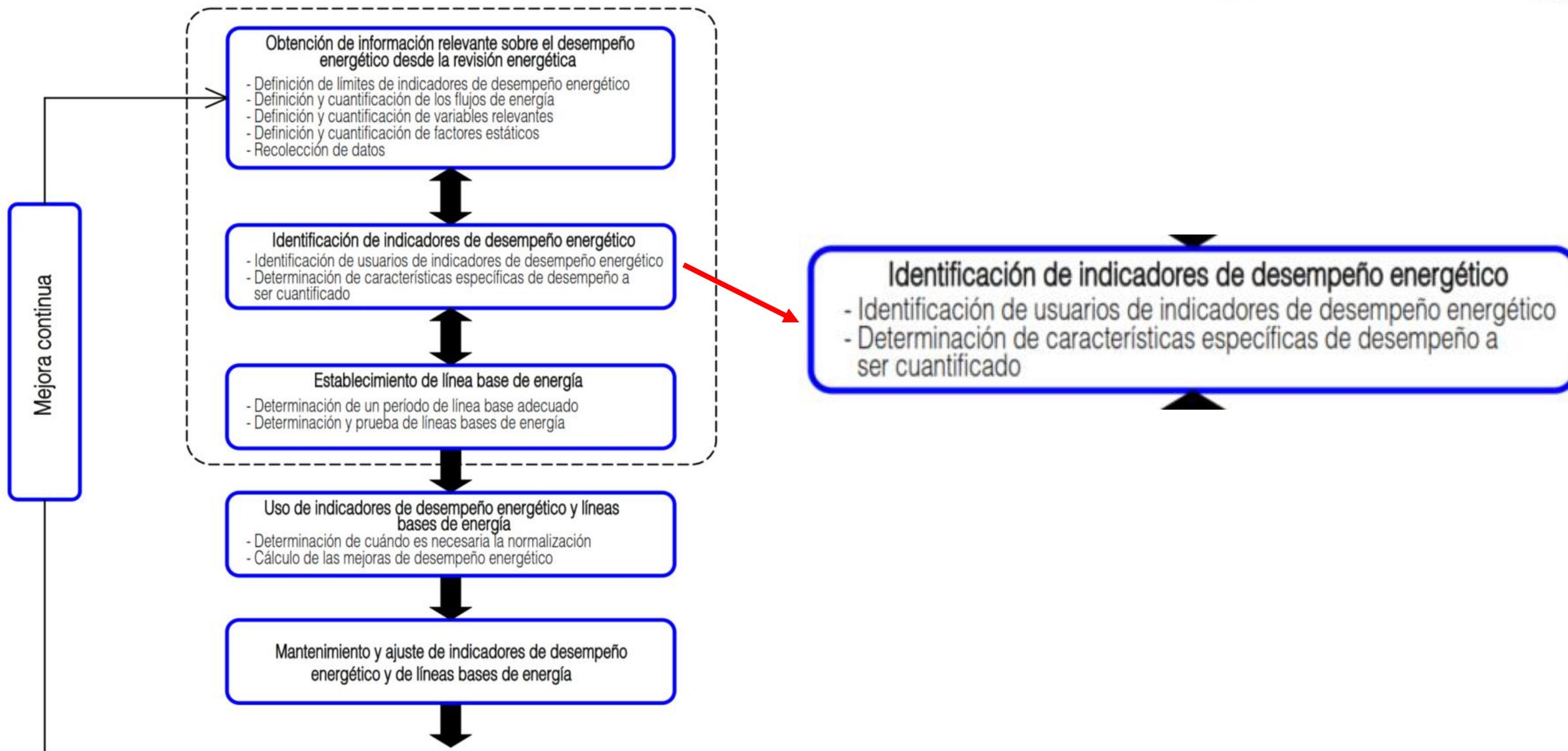


Figura 2 – Visión general de la medición del desempeño energético

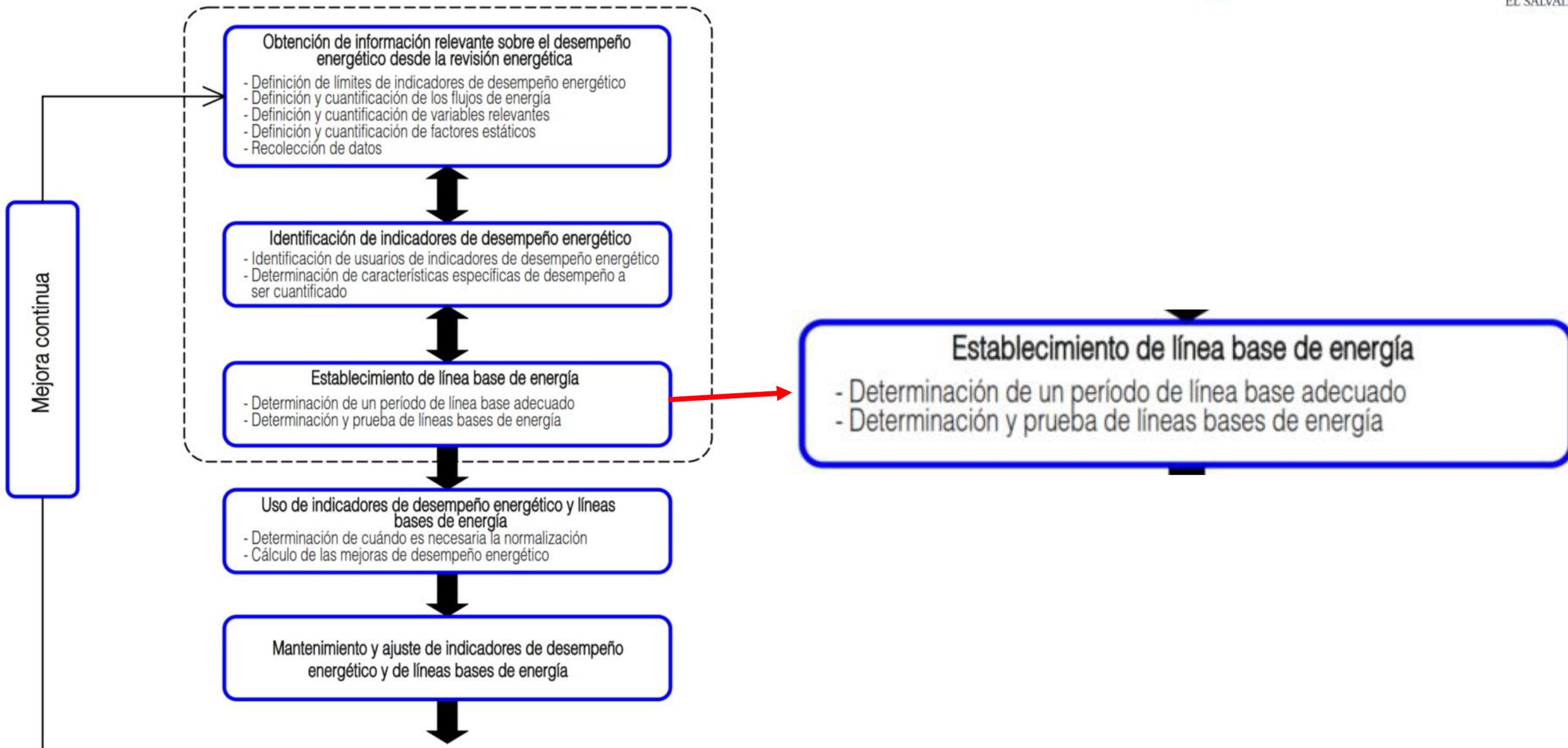


Figura 2 – Visión general de la medición del desempeño energético

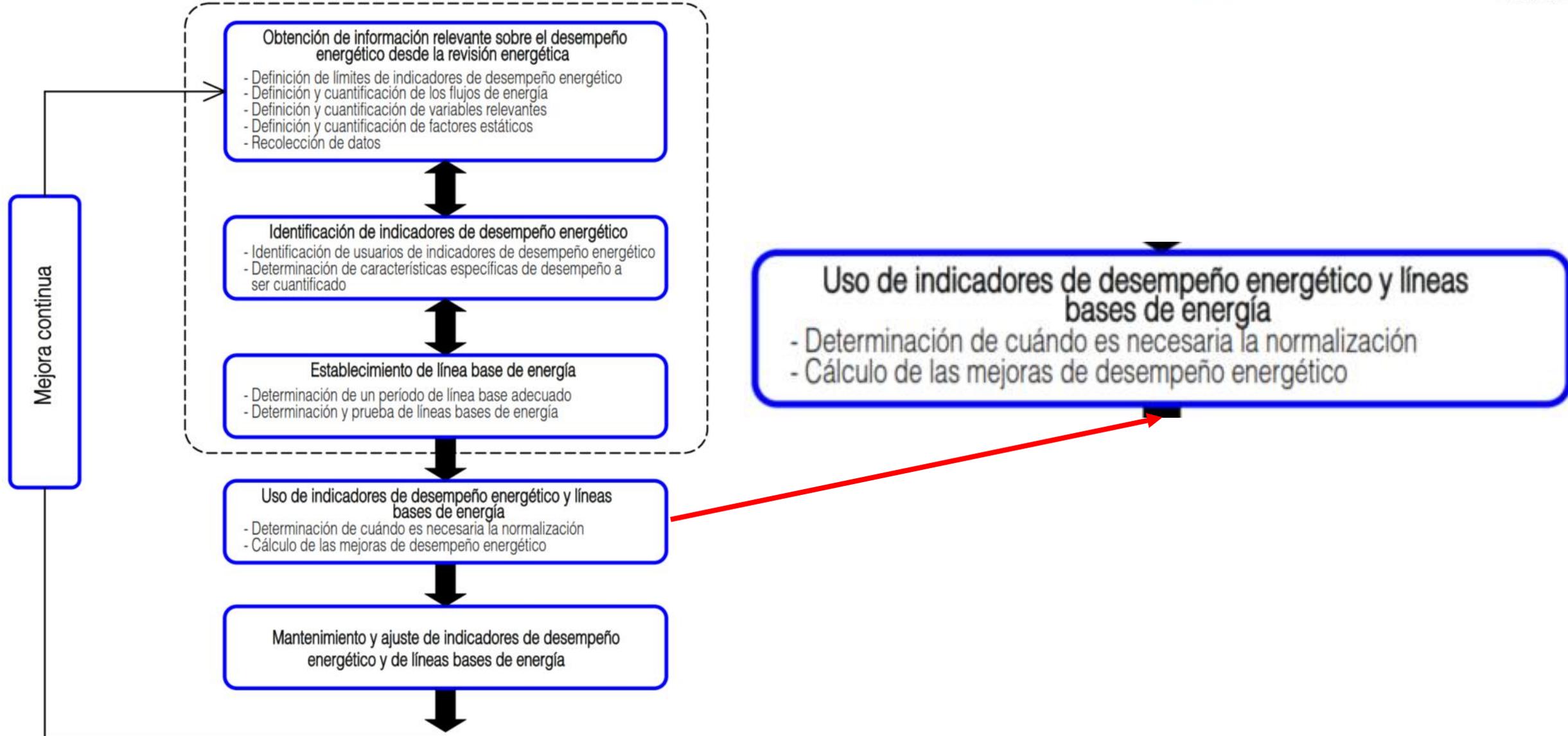


Figura 2 – Visión general de la medición del desempeño energético

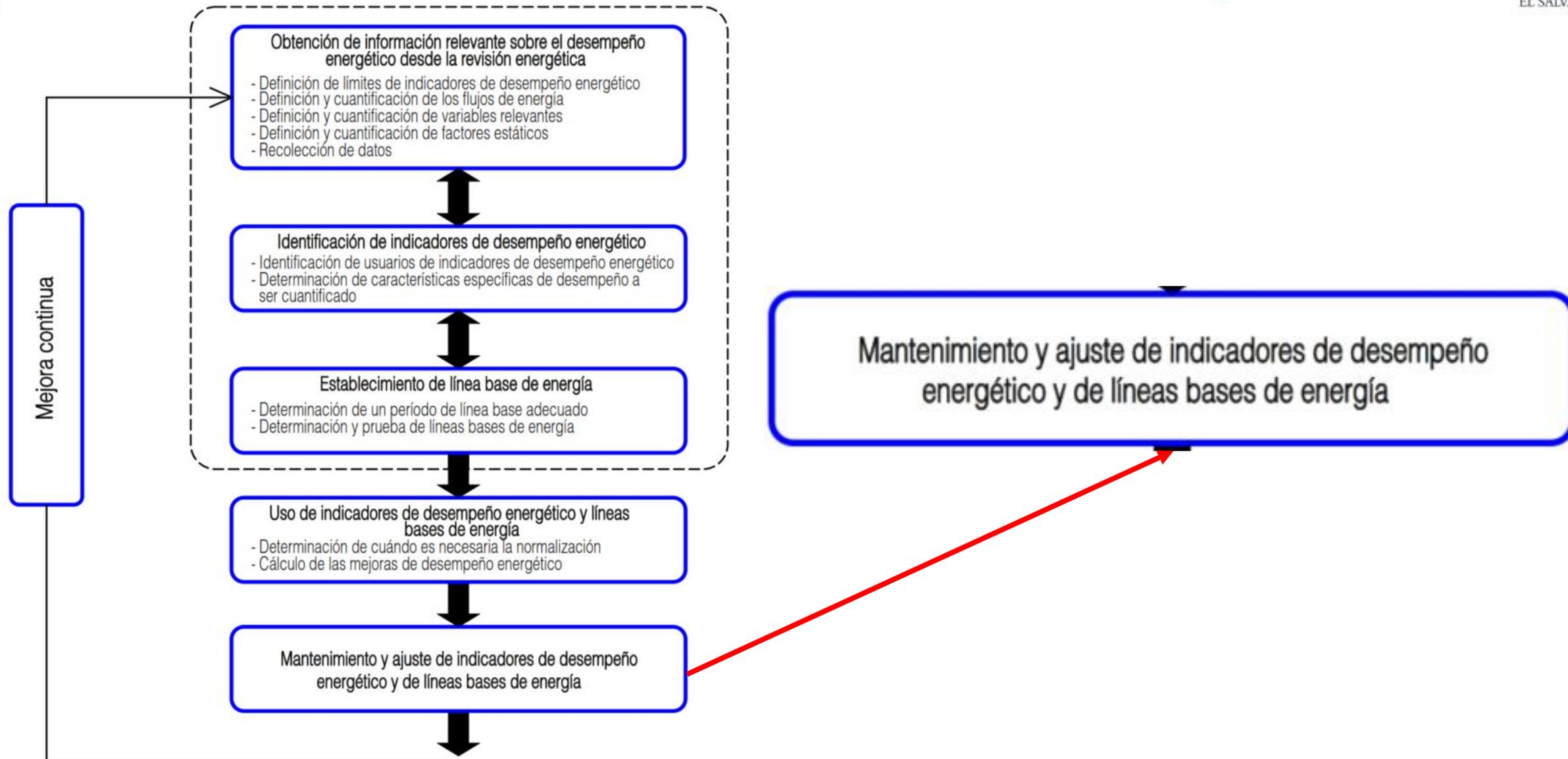


Figura 2 – Visión general de la medición del desempeño energético



Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



Medición del desempeño energético

Visión general

- Una organización establece:
 1. IDE's: se utilizan para cuantificar el desempeño energético de toda la organización o de sus diversas partes.
 - Consumo, kWh
 - Consumo de energía específico, kWh/unidad
 - Potencia máxima, kW
 2. LBE's: son referencias cuantitativas utilizadas para comparar los valores de IDS en el tiempo y para cuantificar los cambios en el desempeño energético.



Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



Medición del desempeño energético

Visión general

Consumo de energía:

- Es **TODA** la energía empleada para realizar una acción, fabricar algo o, simplemente, habitar un edificio.
- Es esencial cuantificar el consumo de energía para medir el desempeño energético y las mejoras de desempeño energético



Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



Medición del desempeño energético

Visión general

Consumo de energía:

- **NOTA:** cuando se utilizan varias formas de energía, es **ÚTIL** convertirlas en una **unidad común de medida de energía** incluyendo las pérdidas en el proceso de producción.

UNIDAD	Joule (J)	Caloría (cal)	British thermal unit BTU	Kilovatio-hora (kWh)
Joule (J)	1	0.2390	0.000948	2.77778×10^{-7}
Caloría (cal)	4.187	1	0.00397	1.16279×10^{-6}
British thermal unit BTU	1055	252	1	0.000293
Kilovatio-hora (kWh)	3.6×10^6	8.6×10^5	3412	1



Financiado por la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de Energía, Hidrocarburos y Minas



UNIDAD	Joule (J)	Caloría (cal)	British thermal unit BTU	Kilovatio-hora (kWh)
Joule (J)	1	0.2390	0.000948	2.77778×10^{-7}
Caloría (cal)	4.187	1	0.00397	1.16279×10^{-6}
British thermal unit BTU	1055	252	1	0.000293
Kilovatio-hora (kWh)	3.6×10^6	8.6×10^5	3412	1

47 kWh -> Joule

$$1 \text{ kWh} = 3,600,000 \text{ J} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

$$\frac{3.6 \times 10^6 \text{ J}}{1 \text{ kWh}} * 47 \text{ kWh} = 169,200,000 \text{ J}$$

Medición del desempeño energético

Visión general

Consumo de energía:

- **NOTA:** cuando se utilizan varias formas de energía, es **ÚTIL** convertirlas en una **unidad común de medida de energía** incluyendo las pérdidas en el proceso de producción.

Unidad	Descripción
Joule (J)	Se utiliza ampliamente en todas las aplicaciones industriales, desde la producción de electricidad hasta la fabricación de productos químicos.
Caloría (cal)	La caloría se utiliza principalmente en la industria alimentaria y en la nutrición para medir la energía contenida en los alimentos.
British Thermal Unit (BTU)	El BTU es una unidad de energía que se utiliza principalmente en los Estados Unidos en aplicaciones relacionadas con la calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC)
Kilovatio-hora (kWh)	El kilovatio-hora es una unidad de energía ampliamente utilizada en la industria eléctrica

Fuentes de energía que consume la industria





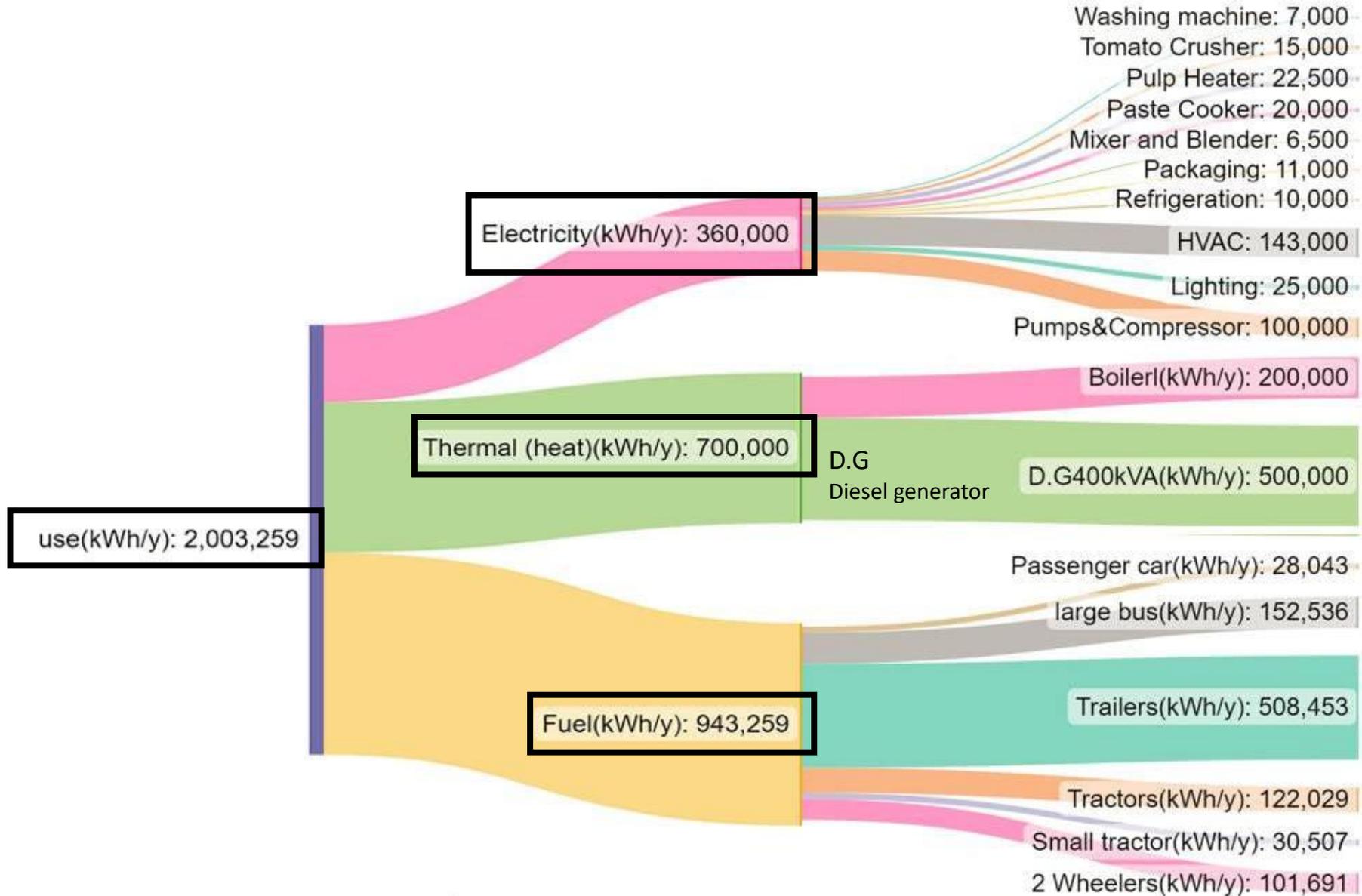
Financiado por la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de Energía, Hidrocarburos y Minas

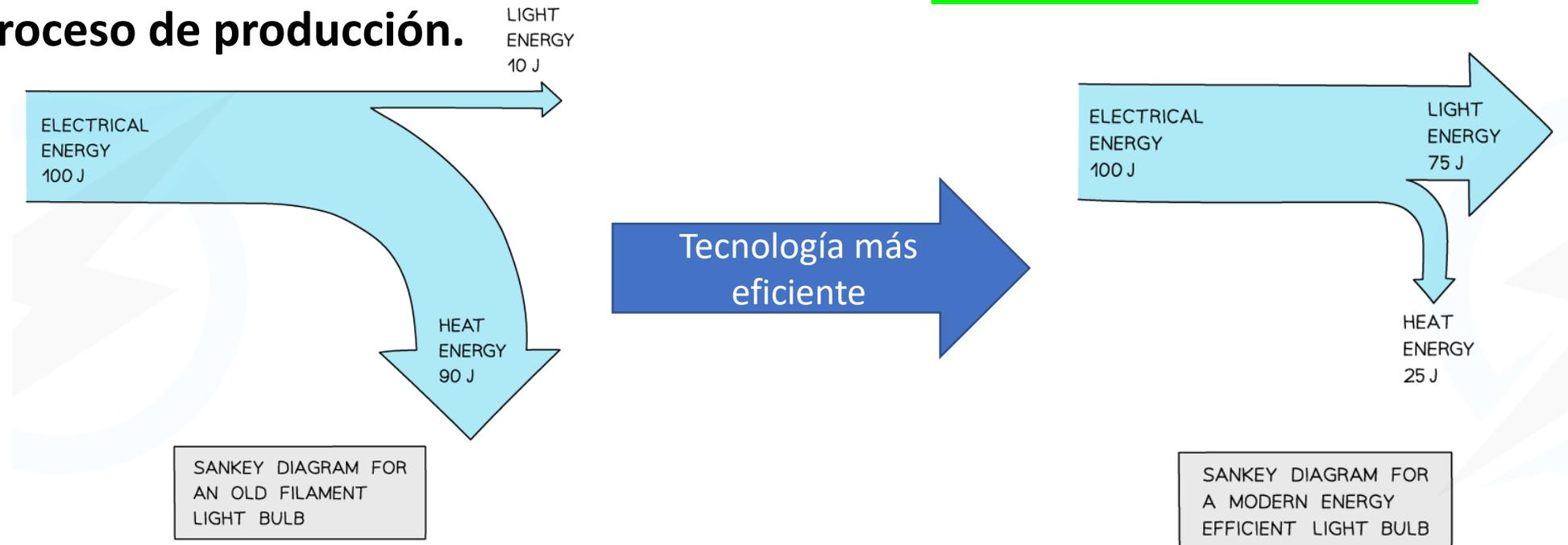


Medición del desempeño energético

Visión general

Consumo de energía:

- **NOTA:** cuando se utilizan varias formas de energía, es **ÚTIL** convertirlas en una unidad común de medida de energía **incluyendo las pérdidas** en el proceso de producción.

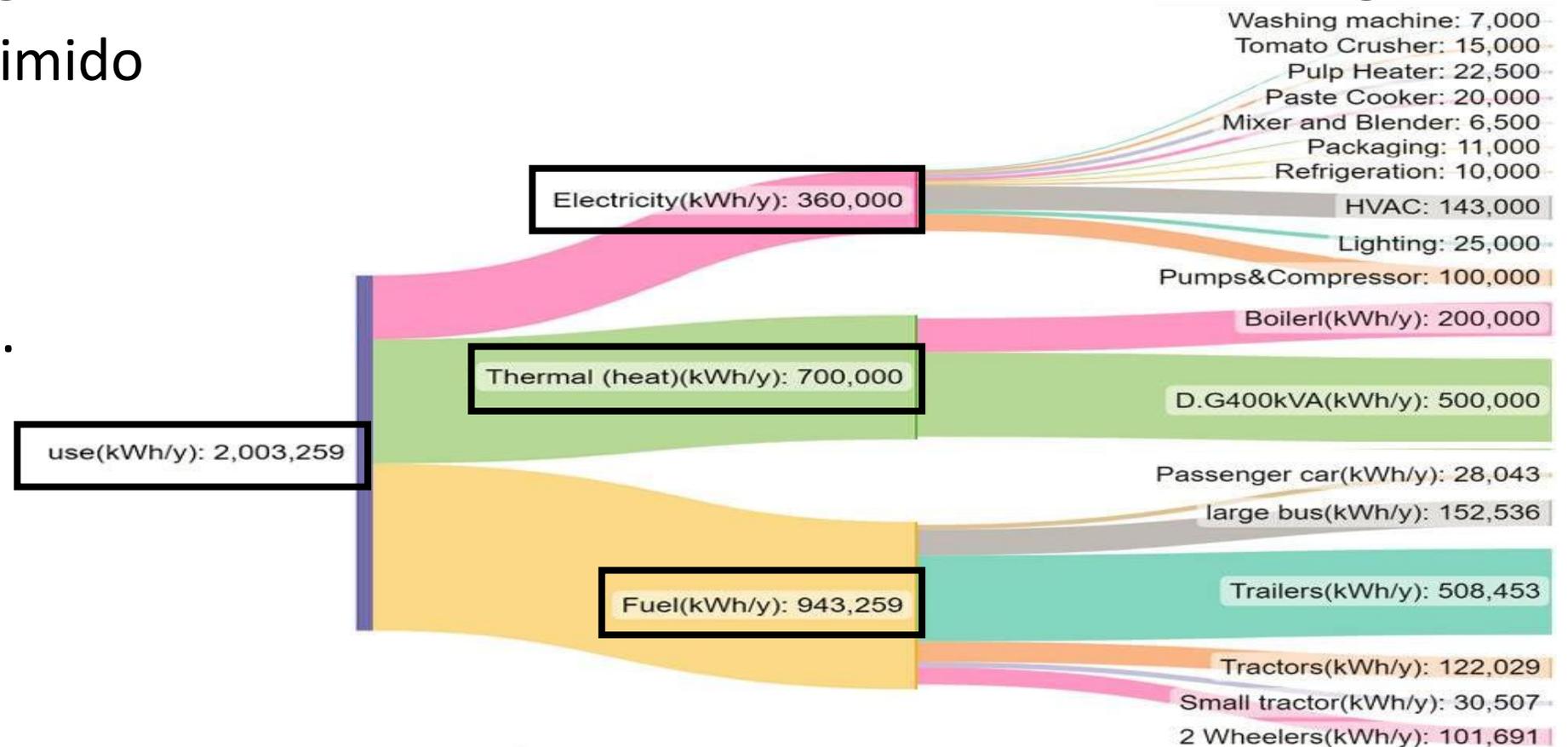


Medición del desempeño energético

Visión general

Uso de la energía: identificación de los usos de los sistemas de energía

1. Aire comprimido
2. Vapor
3. Agua fría
4. Entre otros.





Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



Medición del desempeño energético

Visión general

Indicadores de desempeño energético (IDE)

- Deberían proporcionar información relevante sobre el desempeño energético que permita a varios usuarios de una organización comprender y tomar acciones para mejorarlo.
- Los IDE's se pueden aplicar a:
 - Nivel de instalaciones
 - Sistemas
 - Procesos
 - Equipos
- La organización debería establecer una meta energética y una línea base de energía para cada IDE.

Medición del desempeño energético

Visión general

Indicadores de desempeño energético (IDE)

- Deberían proporcionar información relevante sobre el desempeño energético que permita a varios usuarios de una organización comprender y tomar acciones para mejorarlo.
- ¿Cómo se define un indicador de desempeño energético?

$$\text{Indicador genérico de eficiencia energética} = \frac{\text{Consumo de energía}}{\text{actividad}}$$

$$IDE_{202X} = \frac{\text{Consumo total de energía}_{202X}}{\text{actividad métrica}_{202X}}$$

Medición del desempeño energético

Visión general

Indicadores de desempeño energético (IDE)

- ¿Cómo se define un indicador de desempeño energético?



$$\text{Indicador genérico de desempeño energético} = \frac{\text{Consumo de energía}}{\text{actividad}}$$



Medición del desempeño energético

Visión general

Indicadores de desempeño energético (IDE) para el sector residencial

Para cada uso final

- Calefacción
 - Climatización
 - Calentamiento de agua
 - Iluminación
 - Cocina
- Equipos
 - Refrigeradora
 - Lavadora de platos
 - Lavadora de ropa
 - Entre otros

$$\text{Indicador de desempeño energético} = \frac{\text{energía}}{\text{actividad}}$$

- Número de viviendas
- Área de piso m²

Medición del desempeño energético

Visión general

Indicadores de desempeño energético (IDE) para el sector de servicio

Para cada uso final

- Calefacción
- Climatización
- Otro uso del edificio
- Iluminación

$$\text{Indicador de desempeño energético} = \frac{\text{energía}}{\text{actividad}}$$

- Área de piso m²
- Número de empleados



Financiado por la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de Energía, Hidrocarburos y Minas



Medición del desempeño energético Visión general

Indicadores de desempeño energético (IDE) para

Sectores económicos

$$\text{Indicador de desempeño energético} = \frac{\text{energía}}{\text{actividad}}$$

Producto:

1. Papel
2. Pintura
3. Químicos
4. metales

Section	Divisions	Description
A	01–03	Agriculture, forestry and fishing
B	05–09	Mining and quarrying
C	10–33	Manufacturing
D	35	Electricity, gas, steam and air conditioning supply
E	36–39	Water supply; sewerage, waste management and remediation activities
F	41–43	Construction
G	45–47	Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles
H	49–53	Transportation and storage
I	55–56	Accommodation and food service activities
J	58–63	Information and communication
K	64–66	Financial and insurance activities
L	68	Real estate activities
M	69–75	Professional, scientific and technical activities
N	77–82	Administrative and support service activities
O	84	Public administration and defence; compulsory social security
P	85	Education
Q	86–88	Human health and social work activities
R	90–93	Arts, entertainment and recreation
S	94–96	Other service activities
T	97–98	Activities of households as employers; undifferentiated goods- and services-producing activities of households for own use
U	99	Activities of extraterritorial organizations and bodies



Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



Medición del desempeño energético

Visión general

Ejemplos de indicadores de desempeño energético de entrada (IDE):

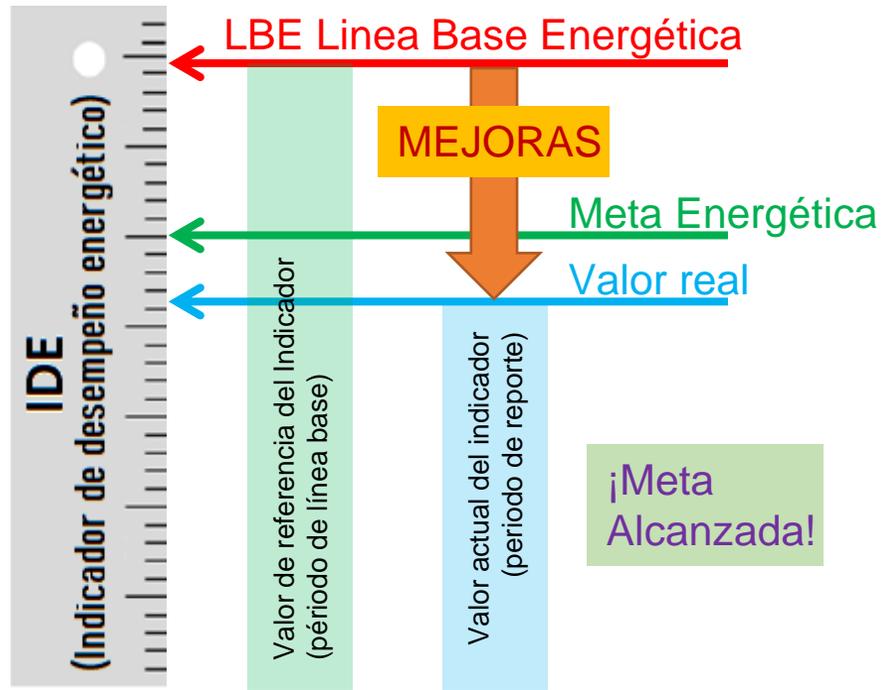
1. Ejemplo de Excel. Archivo “Ejemplo_clase 1_jueves 8 de junio.xlsx”
2. Ejemplo de paper: Decarbonization of industry: Implementation of energy performance indicators for successful energy management practices in kraft pulp mills
 - **ADt** = Air-Dried Tonne (Tonelada seca al aire). Mide la cantidad de pulpa de celulosa que ha sido secada al aire para eliminar la humedad antes de su uso en la fabricación de papel y otros productos de celulosa. Es una medida utilizada en la industria de la pulpa y el papel para evaluar la producción y el consumo de pulpa seca.
 - **kWh/m³sub** = kilovatios-hora por metro cúbico de pulpa sustituida. Esta unidad de medida se utiliza para cuantificar el consumo de energía por metro cúbico de pulpa de celulosa sustituida en los procesos de fabricación de papel.
 - **kWh/tBLS** = kilovatios-hora por tonelada de blanqueo de pasta. Indica la cantidad de energía eléctrica consumida para blanquear una tonelada de pasta de celulosa en el proceso de producción de papel
 - **kWh/m³H₂O** = kilovatios-hora por metro cúbico de agua. Indica la cantidad de energía eléctrica consumida para tratar o utilizar un metro cúbico de agua en los procesos de fabricación de papel.

Medición del desempeño energético

Visión general

“El punto es mejorar de manera continua el Desempeño Energético”

Fuente: UNIDO, 2017



fuente: Adaptado de ISO 50006

- **IDE:** valor o medida que cuantifica los resultados relacionados con el desempeño energético, el uso y el consumo en instalaciones, sistemas, procesos y equipos.
- **LBE:** referencia que caracteriza y cuantifica el desempeño energético de una organización durante un período de tiempo especificado
 - Permite evaluar los cambios (mejoras) entre períodos seleccionados
 - También se utiliza para el cálculo del ahorro de energía, como referencia: **ANTES – DESPUÉS** de la implementación de acciones de mejora.
- **Las organizaciones** definen **METAS** para el desempeño energético
- **Las organizaciones** necesitan tener en cuenta las metas específicas de desempeño energético mientras se identifican y diseñan las **IDE** y las **LBE**.

Medición del desempeño energético

Visión general

“El punto es mejorar de manera continua el Desempeño Energético”

Fuente: UNIDO, 2017

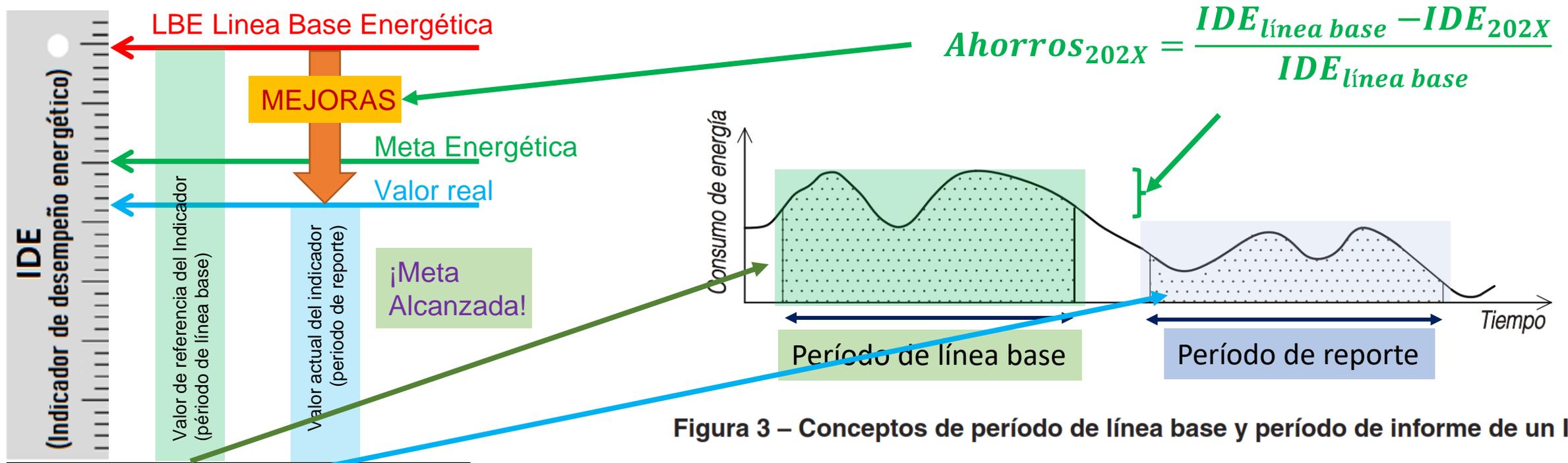


Figura 3 – Conceptos de período de línea base y período de informe de un IDE



Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



Medición del desempeño energético

Definición de límites de indicadores de desempeño energético

¿Qué es un límite de un IDE?

1. Responsabilidades organizacionales en relación con la gestión de la energía.
2. Facilidad de aislar el límite IDE mediante medición de la energía y las variables relevantes.
3. Límites del SGE
4. Uso significativo de la energía (USE) o grupos de USE's que la organización designa como una prioridad para controlar y mejorar
5. Equipos específicos, procesos y subprocesos que la organización desea aislar y gestionar.



Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



Medición del desempeño energético

Definición de límites de indicadores de desempeño energético

Tabla 1 – Los tres niveles de límites IDE

Nivel de límite IDE	Descripción y ejemplos
Instalación individual/equipos/procesos	<p>El límite IDE se puede definir alrededor del perímetro físico de una instalación/equipamiento/proceso que la organización quiere controlar y mejorar.</p> <p>EJEMPLO El equipamiento de producción de vapor.</p>
Sistema	<p>El límite IDE se puede definir alrededor del perímetro físico de un grupo de instalaciones/procesos/equipos que interactúan entre sí que la organización quiere controlar y mejorar.</p> <p>EJEMPLO El equipamiento de producción de vapor y el equipo uso de vapor, tal como un secador.</p>
Organizativo	<p>El límite IDE se puede definir alrededor del perímetro físico de las instalaciones/procesos/equipos también teniendo en cuenta la responsabilidad en la gestión de la energía de las personas, equipos de trabajo, grupos o unidades de negocio designados por la organización.</p> <p>EJEMPLO Vapor comprado por una fábrica/fábricas, o un departamento de la organización.</p>

Información adicional sobre límites IDE en el proceso de producción se puede encontrar en Anexo B.

Medición del desempeño energético

Definición de límites de indicadores de desempeño energético

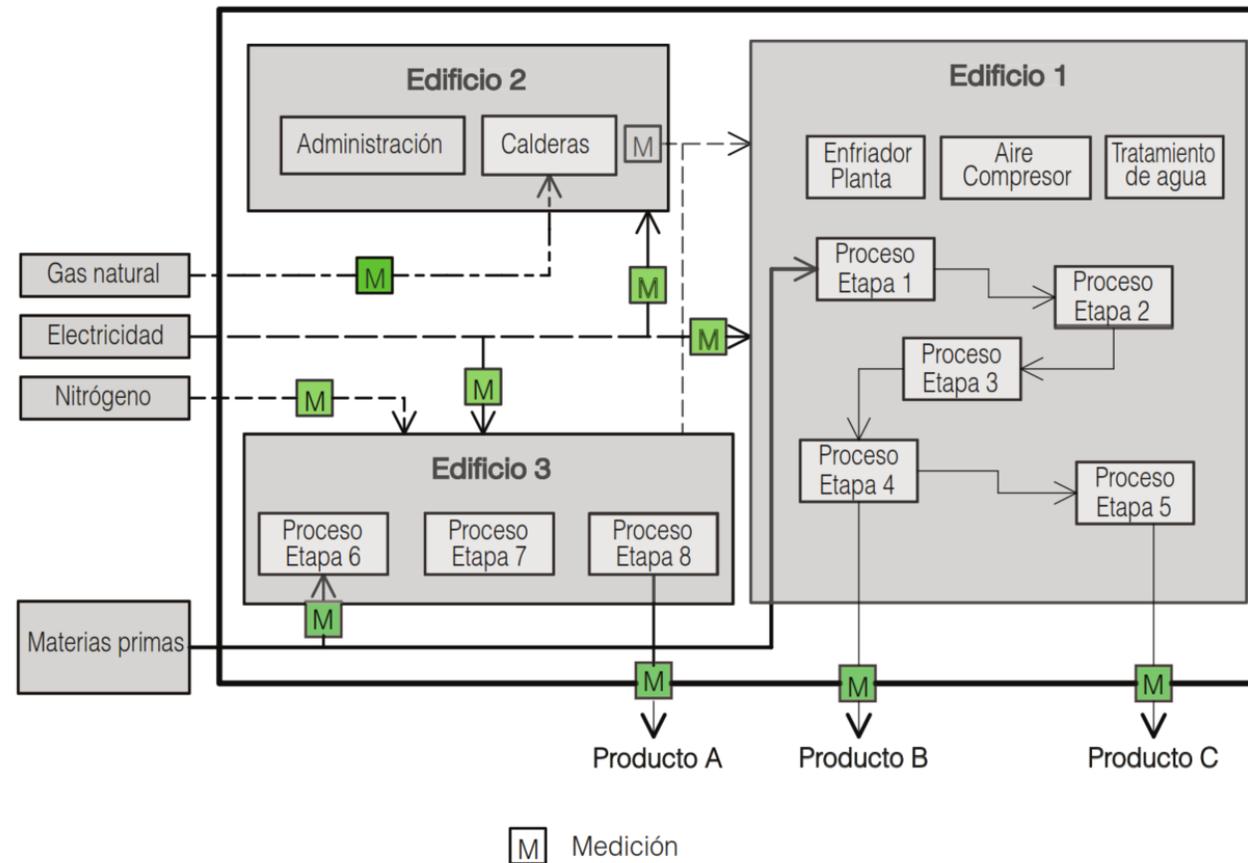
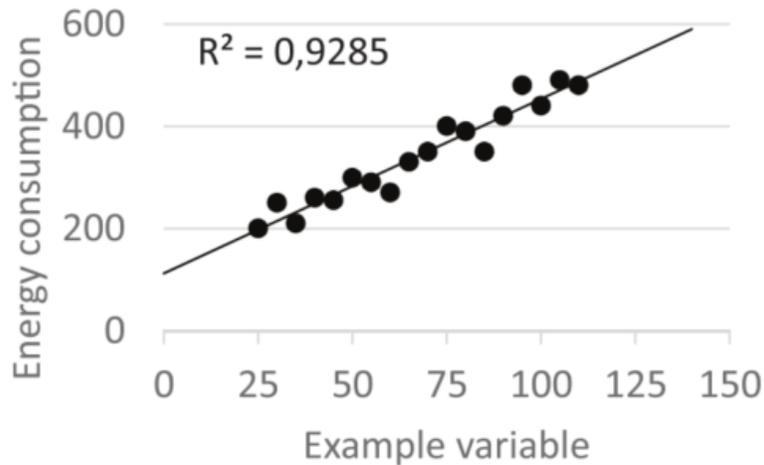


Figura 4 – Diagrama de bloques

Medición del desempeño energético

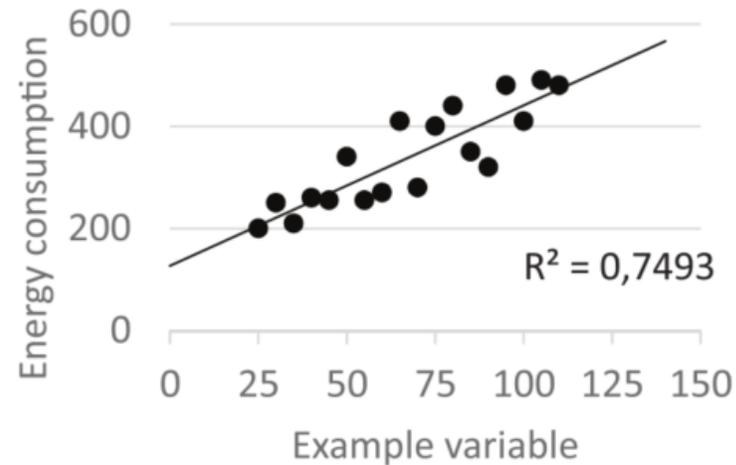
Definición de límites de indicadores de desempeño energético

- Variables relevantes



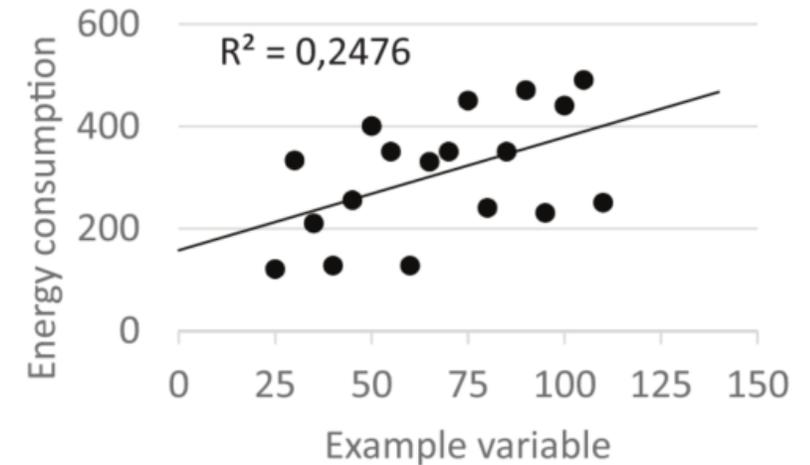
a) Significant variable

$R \geq 0.85$, relevante



b) Less significant variable

$R \geq 0.5$ y $R < 0.85$ poco relevante



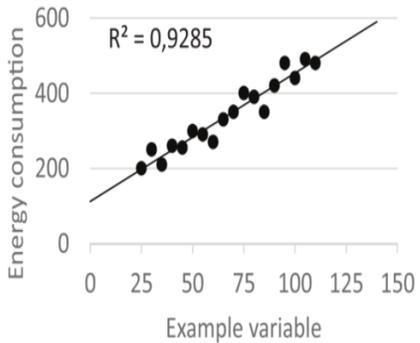
c) Not significant variable

$R < 0.5$ no es relevante

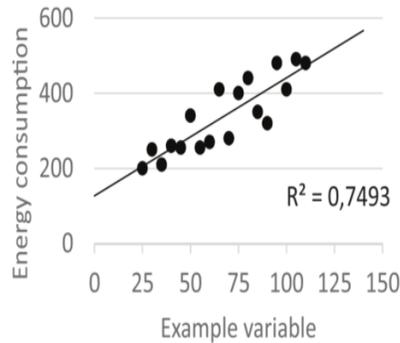
Medición del desempeño energético

Definición de límites de indicadores de desempeño energético

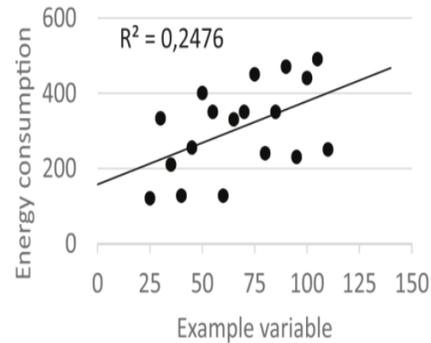
- Variables relevantes



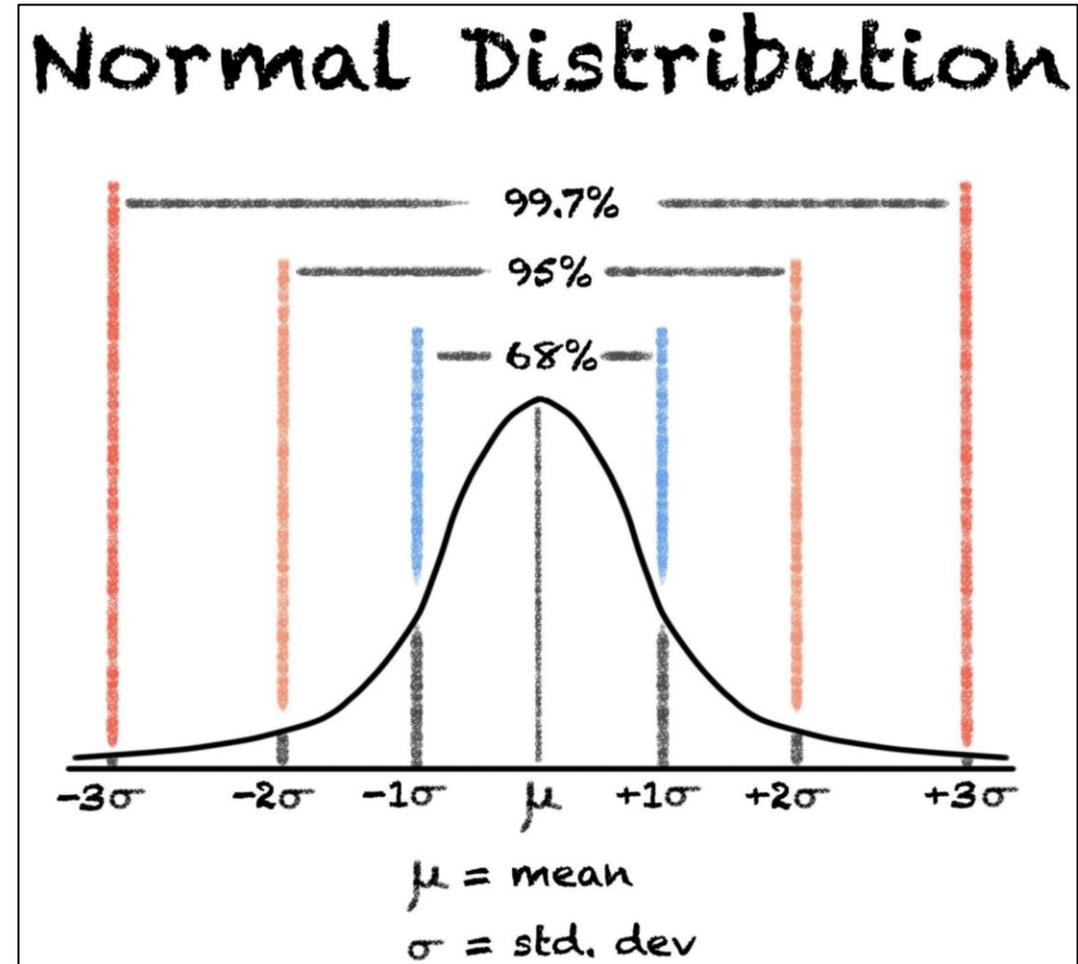
a) Significant variable



b) Less significant variable



c) Not significant variable

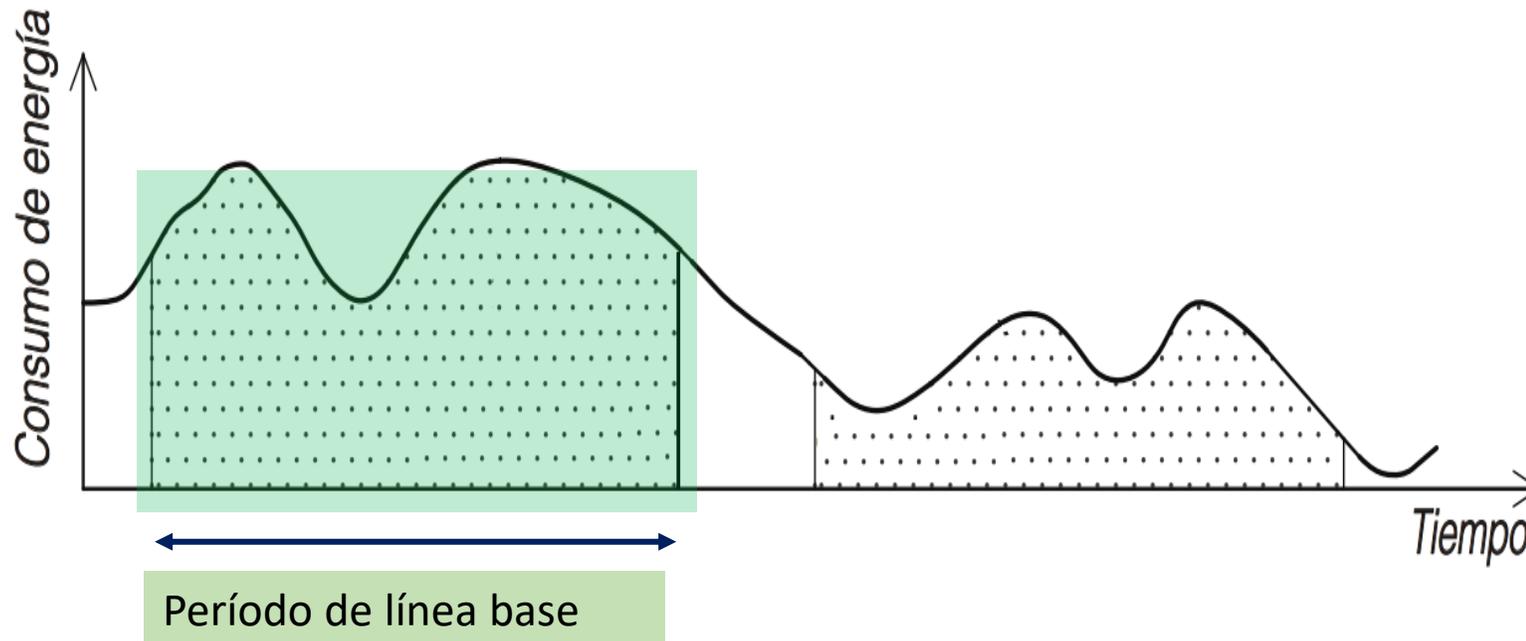


Medición del desempeño energético

Establecimiento de líneas base de energía

¿Qué es una línea base?

- Referencia cuantitativa que provee la base de comparación del desempeño energético. ISO 50001.





Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



Medición del desempeño energético

Establecimiento de líneas base de energía

Medidas a tomar para establecer una LBE:

1. Determinar el propósito específico con la LBE que se utilizará
2. Determinar un período de datos adecuado
3. Recolección de datos
4. Determinar y probar la LBE



Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



Medición del desempeño energético

Establecimiento de líneas base de energía

- Identificación de los parámetros que influyen en el comportamiento energético:
 1. Ocupación
 2. Camas ocupadas
 3. Grados día de calefacción
 4. Grados día de climatización
 5. Humedad relativa
 6. m³ de agua tratados
 7. Toneladas de pulpa blanqueado

Medición del desempeño energético

Establecimiento de líneas base de energía

Período típico de línea base

Un año

- Incluye todas las estaciones y por lo tanto, se puede observar el impacto de las variables relevantes, por ejemplo: clima en el uso y el consumo de la energía

Menor a un año

- Se da cuando no se cuenta con suficientes datos históricos fiables, adecuados o disponibles

Más de un año

- Son útiles cuando una empresa fabrica productos durante unos meses cada año y es relativamente inactivo durante el resto del año.



Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



Submódulo No. 1: Herramientas de gestión energética

- Unidad didáctica #3: **Medición y Verificación** del desempeño Energético en Organizaciones – Principios y lineamientos (según ISO 50015:2015)



Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



ISO 50015:2014 (E)

INTERNATIONAL STANDARD

ISO 50015

First edition
2014-12-15

Energy management systems — Measurement and verification of energy performance of organizations — General principles and guidance

*Systèmes de management de l'énergie — Mesure et Vérification de la
performance énergétique des organismes — Principes généraux et
recommandations*

Contents

	Page
Foreword	iv
Introduction	v
1 Scope	1
2 Normative references	1
3 Terms and definitions	1
4 Measurement and verification principles	4
4.1 General principles	4
4.2 Appropriate accuracy and management of uncertainty	4
4.3 Transparency and reproducibility of M&V process(es)	4
4.4 Data management and measurement planning	5
4.5 Competence of the M&V practitioner	5
4.6 Impartiality	5
4.7 Confidentiality	5
4.8 Use of appropriate methods	5
5 Measurement and verification plan	5
5.1 General	5
5.2 Scope and purpose	6
5.3 Energy performance improvement actions	7
5.4 M&V boundaries	7
5.5 Preliminary M&V plan assessment	8
5.6 Characterization and selection of energy performance metrics including EnPIs	8
5.7 Characterization and selection of relevant variables and static factors	9
5.8 Selection of the M&V method and calculation method	9
5.9 Data	9
gathering plan	10
5.10 Energy baseline establishment and adjustments	11
5.11 Resources required	12
5.12 Roles and responsibilities	12
5.13 Documentation of the M&V plan	12
6 Implementation of M&V plan	12
6.1 Data	12
gathering	12
6.2 Verification of the implementation of the EPIA(s)	13
6.3 Observation anticipated or unforeseen changes	13
6.4 M&V analysis	13
6.5 M&V reporting	14
6.6 Review the need to repeat the process	14
7 Uncertainty	14
8 Measurement and verification documentation	15
Annex A (informative) Overview of the measurement and verification flow	16
Annex B (informative) Measurement uncertainty examples	17
Bibliography	18



Financiado por la Unión Europea



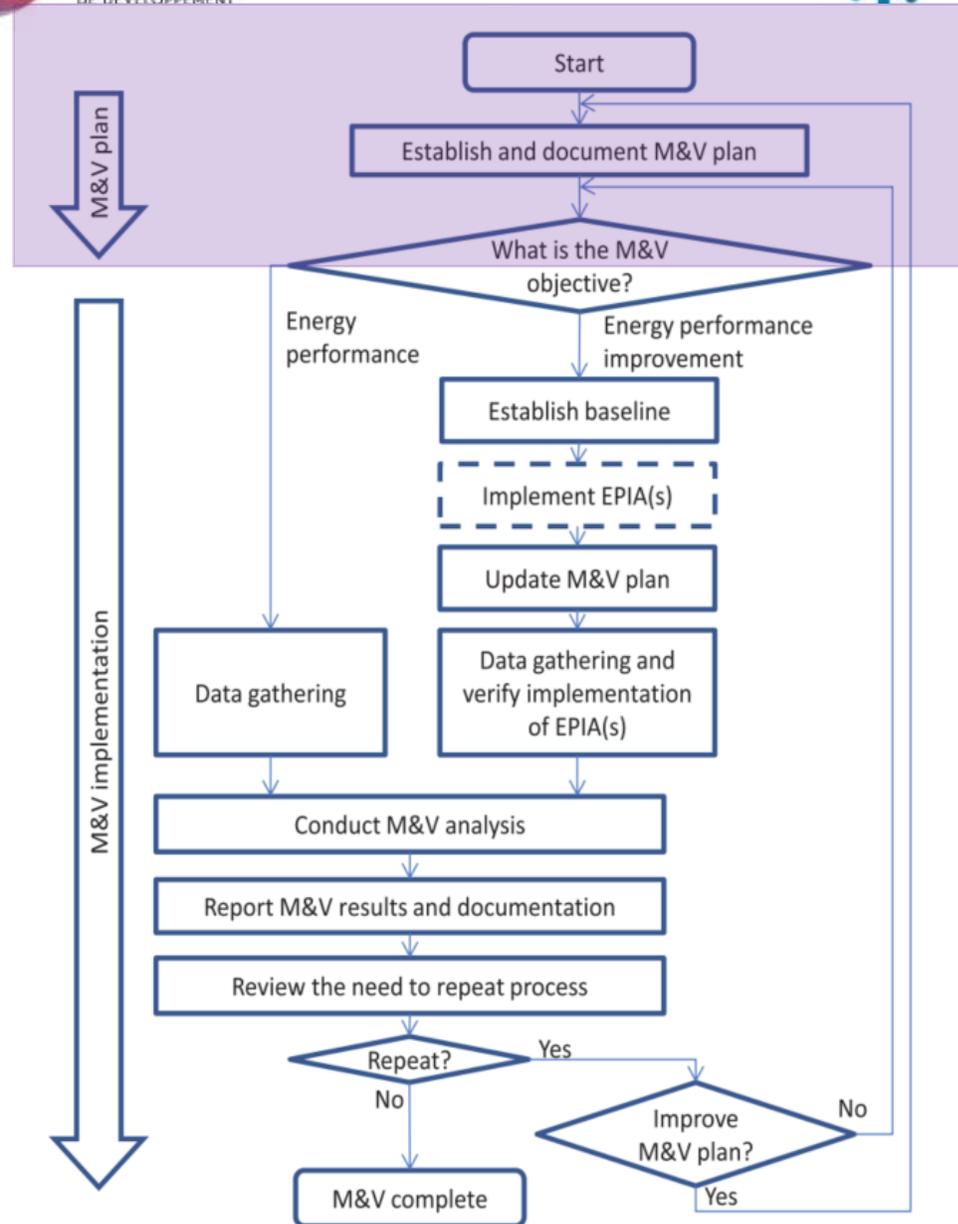
MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA SECRETARIA DE ENERGIA



Dirección General de Energía, Hidrocarburos y Minas



ISO 50015:2014





Financiado por la Unión Europea



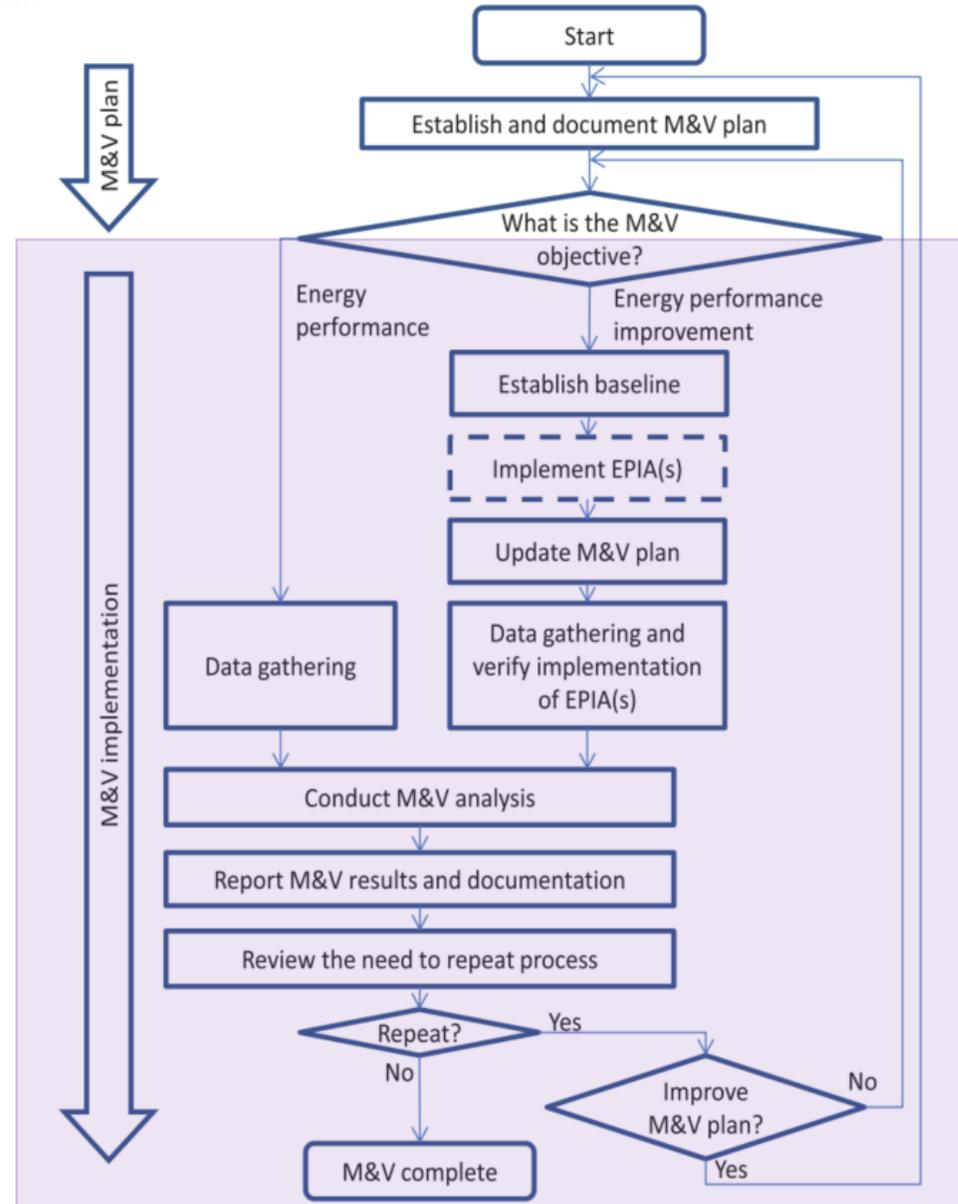
MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA SECRETARIA DE ENERGIA



Dirección General de Energía, Hidrocarburos y Minas



ISO 50015:2014





Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



ISO 50015:2014

Principios de medición y verificación

1. Adecuada precisión y gestión de la incertidumbre.
2. Transparencia y reproducibilidad del proceso de medición y verificación.
3. Gestión de datos y planificación de la medición.
4. Competencia del profesional de medición y verificación.
5. Imparcialidad.
6. Confidencialidad.
7. Uso de métodos apropiados.



Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



ISO 50015:2014

Plan de medición y verificación

Existen seis pasos fundamentales en el proceso de medición y verificación los cuales son especificados en el plan de medición y verificación:

1. Establecer y documentar un plan de medición y verificación.
2. Recopilación de datos.
3. Verificar la implementación de los indicadores de rendimiento energético si los hay.
4. Realizar el análisis de medición y verificación.
5. Informar los resultados de medición y verificación y emitir documentación.
6. Revisar la necesidad de repetir el proceso, según sea necesario.

ISO 50015:2014

Plan de medición y verificación

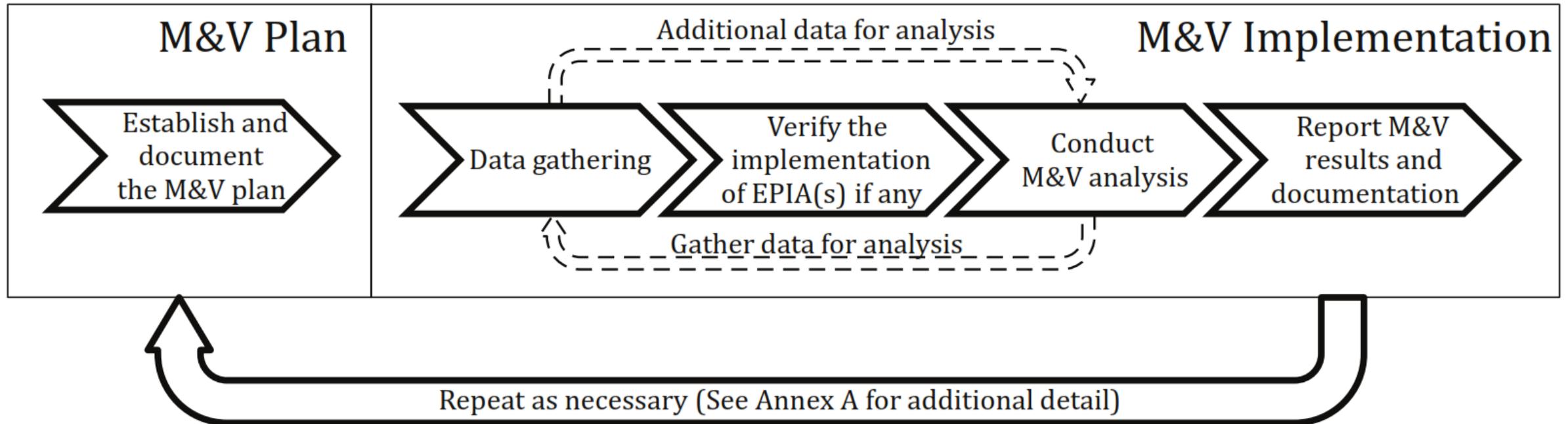


Figure 1 — Fundamental steps in the M&V process



Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



ISO 50015:2014

Implementación del plan de medición y verificación

1. Recolección de datos.
2. Verificación de la implementación de los indicadores de rendimiento energético.
3. Cambios anticipados o imprevistos en la observación.
4. Análisis de la medición y verificación.
5. Reporte de la medición y verificación.
6. Revisar la necesidad de revisar el proceso.



Financiado por
la Unión Europea



MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
SECRETARÍA DE ENERGÍA



Dirección General de
Energía, Hidrocarburos
y Minas



ISO 50015:2014

1. Incertidumbre.
2. Documentación de medición y verificación.