



## **Anexo VII. Indicadores para el monitoreo y evaluación de resultados (M&E)**

Este documento ha sido elaborado en cooperación con la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee).

### **Apoiado por**

European Union Energy Initiative

Partnership Dialogue Facility (EUEI PDF)



Y el

Programa de Energía Sustentable en México

Implementado por Encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ)



c/o Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

P.O. Box 5180, 65726 Eschborn, Germany

[info@euei-pdf.org](mailto:info@euei-pdf.org)

[www.euei-pdf.org](http://www.euei-pdf.org)

### **Autores**

Daniel Bouille, Claudio Carpio, Nicolás Di Sbroiavacca, Hilda Dubrovsky, Gustavo Nadal, Francisco Lallana, Raul Landaveri, Héctor Pistonesi, Jorge Plauchú, Marina Recalde, y Rafael Soria (Fundación Bariloche).

### **Con comentarios y contribuciones de:**

Odón de Buen, Juan Ignacio Navarrete, Israel Jáuregui, Pedro Hernández, Flor Chávez, Oscar Ruiz e Ilse Ávalos (Conuee).

Ernesto Feilbogen, Ana Córdova, Daniela Méndez, Fairuz Loutfi, Veronica Gómez (GIZ México).

Coordinación editorial: Ángel Azamar y Daniela Méndez (GIZ México).

Ciudad de México, septiembre 2018

El Motor de Diálogo y Cooperación (EUEI PDF) es un instrumento de la EU Energy Initiative (EU EI). EUEI PDF actualmente recibe contribuciones de la Comisión Europea, Alemania, Austria, Finlandia, Italia, los Países Bajos y Suecia.



# ÍNDICE

1. Importancia del monitoreo y evaluación de las acciones implementadas .....	1
1.1. Monitoreo y evaluación.....	2
2. Aspectos teóricos y metodológicos relacionados con los indicadores de eficiencia energética en la industria.....	3
2.1. Características del consumo de energía en la industria .....	3
2.2. Los indicadores agregados del consumo de energía .....	4
2.3. Indicadores para el monitoreo de la implementación de los programas de EE.....	6
2.4. Los Indicadores de Desempeño Energético (IDE) .....	6
2.5. La evaluación del impacto de las acciones de EE promovidas por políticas públicas .....	7
2.6. Propuesta de indicadores.....	10
2.7. Indicadores Agregados .....	12
2.8. Indicadores de Desarrollo de Actividades de promoción de la EE.....	13
2.9. Indicadores de Impacto .....	17
3. Información para el M&E y la institucionalización de la evaluación de la Hoja de Ruta.....	18

# 1. Importancia del monitoreo y evaluación de las acciones implementadas

La evaluación es una actividad que tiene por finalidad emitir juicios sobre los productos, resultados e impactos de las intervenciones. A partir de una metodología rigurosa, estima el logro de las metas establecidas en la formulación de la política; requiere de la correcta identificación y medición de productos y resultados, posibilitando la medición de la eficacia, eficiencia y efectividad de los instrumentos y acciones implementadas. La evaluación permite identificar también problemas de diseño de las políticas y de su implementación. La identificación, medición y/o cuantificación de resultados e impactos y su relación con los instrumentos y acciones ejecutadas permite, mediante un análisis multidisciplinario, poner a prueba las hipótesis utilizadas en el diseño y obtener aprendizajes para la revisión, mejora o profundización de las intervenciones.

La literatura sobre el análisis y evaluación de políticas públicas reconoce en general los siguientes tipos de evaluación:

- Evaluación de necesidades,
- Evaluación del diseño,
- Evaluación del proceso o implementación,
- Evaluación de impacto y
- Evaluación de eficiencia.

En este capítulo nos enfocaremos en las evaluaciones del proceso o implementación, de impacto y de eficiencia.

- La **evaluación del proceso o implementación** tiene por finalidad determinar si lo que el programa efectivamente hace está en relación con lo programado en el diseño, y si se presentan problemas durante la operación como falencias de coordinación, de difusión, de disponibilidad de recursos en el momento adecuado, etc.
- La **evaluación de impacto** tiene por función determinar si la intervención efectivamente contribuye a la solución de los problemas definidos y en qué medida. Dado que la mayoría de los problemas tienen múltiples causas,<sup>1</sup> el principal desafío de la evaluación de impacto es poder cuantificar qué parte de la evolución de las variables objetivo del problema es debida a la intervención y no a las otras causas.

---

<sup>1</sup> Vgr. el consumo de energía en la industria y el nivel de emisiones de GEI.

- La **evaluación de la eficiencia** se utiliza para verificar si las acciones implementadas son las alternativas más convenientes en cuanto a la menor utilización de recursos, acorde a lo analizado en la fase de diseño.

El **monitoreo** es la primera fase de la evaluación de la implementación, de los impactos y de la eficiencia de los instrumentos y acciones. Consiste en el registro de los productos obtenidos en cada una de las diversas intervenciones implementadas en el marco de la política y sus líneas estratégicas, cuantifica los mismos según los períodos de análisis y releva sus principales características cualitativas. El monitoreo revela la eficacia de la implementación, los avances en el grado de cobertura de la población objetivo y la utilización de los recursos asignados. También proporciona la información de base para la evaluación de resultados o impactos de las acciones implementadas.

Los **indicadores** proporcionan información rigurosa necesaria para el seguimiento de las políticas y de la gestión. Es conveniente definirlos en la fase de diseño, deben tener un enfoque multidimensional y pueden ser de naturaleza muy diversa y en todos los casos deben tener en especial consideración las características específicas del país y el sector en el cual se van a implementar las intervenciones. Sirven para comparar lo alcanzado con relación a lo programado, lo obtenido con las intenciones, pero no constituyen de por sí una fase analítica o explicativa. **Los indicadores son un insumo esencial para la evaluación, pero esta no se agota en ellos. Es necesario relacionar la información proporcionada por los indicadores con el marco teórico-conceptual que sustenta la política para poder emitir juicios sobre los resultados obtenidos.**

## 1.1.

### Monitoreo y evaluación

En la guía para el desarrollo e implementación de una hoja de ruta de la IEA (2014) propone como la última etapa de proceso a la “Fase 4: implementación y ajuste de la hoja de ruta”. Idealmente, propone la IEA, debe ser el **organismo de implementación** del instrumento quien realiza el seguimiento de las acciones y recopila los resultados a medida que avanzan los programas y proyectos, constituyendo una fuente de información centralizada sobre los avances e impactos, por lo tanto, se constituye un proceso continuo, y periódicamente debe realizarse una revisión a fin de adaptar sus metas y prioridades a las circunstancias cambiantes o no previstas en la fase de diseño.

En el caso de la Propuesta de Instrumentos para facilitar medidas de eficiencia energética en el sector industrial de México, las actividades de monitoreo y evaluación permitirán:

- Cuantificar, mediante el desarrollo de indicadores, el grado de avance de la implementación de los programas y acciones constitutivos de las distintas líneas estratégicas e instrumentos adoptados.
- Evaluar, en los períodos definidos, el impacto de los resultados de las intervenciones establecidas con relación a las metas y objetivos establecidos por la política: la LTE, la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios, el PRONASE y la Estrategia Nacional de Cambio Climático.
- Comparar los resultados obtenidos con lo programado, proporcionando información que permita analizar las causas de los desvíos. A partir de ello, sacar conclusiones para ajustar, reformular o modificar las intervenciones diseñadas.
- Proporcionar información en materia de transparencia y utilización de los recursos públicos de acuerdo con lo establecido en la LTE y las disposiciones federales en la materia.

## 2. Aspectos teóricos y metodológicos relacionados con los indicadores de eficiencia energética en la industria

### 2.1.

#### Características del consumo de energía en la industria

El **consumo de energía por unidad de producto** en la industria depende de múltiples factores, cualquiera sea el proceso productivo que se lleve adelante. Situémonos en un establecimiento industrial como unidad de análisis, en un período determinado de producción, el consumo de energía por unidad de producto dependerá de los siguientes factores principales (llamados también variables explicativas o relevantes):

- El tipo de productos y subproductos elaborados, y sus participaciones;
- Las calidades de los productos y subproductos;
- Las tecnologías del proceso productivo;
- El nivel de producción (economías de escala);
- El grado de utilización de la capacidad productiva (o su complemento, la capacidad ociosa);
- Las calidades de las materias primas;
- El grado de utilización de componentes semielaborados en otros establecimientos; y
- La eficiencia energética.

Dentro de la **eficiencia energética** (EE) incluimos varios factores: el estado de mantenimiento de maquinarias y equipos, la antigüedad de estos, las modalidades de operación de las distintas fases del proceso productivo, la integración energética de los procesos y el rendimiento energético de los equipos e instalaciones. También se incluye dentro de la EE, y particularmente para este estudio, a las tecnologías del proceso productivo, ya que según las mismas se pueden requerir muy diferentes cantidades de energía por unidad de producto, como son los casos de la producción de hierro y acero, pulpa y papel, cemento y vidrio, ya descritos en los capítulos anteriores de este informe. Dentro de las tecnologías, en algunos casos, el reciclado de productos en desuso como materia prima del proceso productivo también lleva a importantes reducciones de los requerimientos de energía. También en nuestro caso se incluye dentro de lo que llamamos eficiencia energética, aunque normalmente se considera aparte de esta temática a la utilización de fuentes renovables en sustitución de combustibles fósiles, que tiene que ver con la eficiencia asignativa en el uso de los recursos.

Puede haber otros factores que afecten el consumo de energía; como la temperatura ambiente, pero su incidencia suele ser baja en la industria; aunque si se quiere tener más precisión debería considerarse. Otro factor sería el tipo de fuentes energéticas consumidas, no obstante, el avance tecnológico ha llevado a que fuentes de menor calidad, como los combustibles sólidos o los residuos de biomasa, tengan también altos rendimientos en su combustión y utilización. Los precios de la energía también influyen, pero principalmente en las sustituciones entre fuentes y no tanto en el consumo total de energía.

Si se agrupan los consumos de energía y las producciones de dos establecimientos que producen los mismos productos, el análisis se torna más complejo dado que es muy poco probable que ambos establecimientos tengan exactamente las mismas condiciones de producción. Y lo mismo ocurre si se agrupan todos los establecimientos de la misma clase, grupo, división, subsector y para la industria manufacturera en su conjunto. Analizar los consumos de energía con cierto grado de agregación, por más que la práctica estadística nos indique que es muy detallado, implica trabajar con promedios. Ello lleva a que el análisis de los determinantes del consumo de energía pierda precisión ya que las relaciones del consumo de energía no son lineales.

## 2.2.

### Los indicadores agregados del consumo de energía

El indicador de este tipo más generalizadamente utilizado es la intensidad energética (IE), definida como el cociente entre el consumo de energía del grupo de establecimientos que se trate y el

valor agregado producido por el mismo. El valor agregado, o valor agregado industrial (VAI) en nuestro caso, es el aporte que hace el grupo productivo considerado al producto interno bruto. Es decir que la IE representa el promedio de cuanta energía se necesita para producir una unidad de valor agregado en el grupo considerado. La evolución de la IE dependerá entonces de todos los factores determinantes del consumo de energía como así también de las variables utilizadas para el cálculo del valor agregado.

Si bien la IE depende de la eficiencia energética, no lo es sólo de ella y tampoco puede asumirse generalizadamente a la eficiencia energética como el factor que más afecta a la IE. Se ha propuesto realizar ajustes sobre los valores de la IE cuando se calcula a nivel agregado (sea sobre el total de la industria o por subsectores) a fin de que refleje casi exclusivamente a los cambios en eficiencia energética, tratando de eliminar, en la medida de lo posible, los efectos de los demás factores.<sup>2</sup> No obstante, se está lejos de anular el efecto de todos los factores mencionados en la sección anterior. Por lo expuesto, no puede considerarse a la IE como un indicador que refleje preponderantemente a la eficiencia energética. Es un indicador que muestra la eficiencia global de la energía en términos de producción de valor agregado en el contexto de un sistema socioeconómico y ambiental determinado. La inversa de la IE, es decir la productividad de la energía, refleja más claramente la relación entre valor agregado (o PIB) y el consumo de energía.

Otro indicador muy utilizado es referir los consumos de energía a la producción física, que aquí denominaremos consumo específico (CE), medido por ejemplo en GJ/t ó GJ/m.<sup>3</sup> El problema que se plantea aquí es poder sumar productos heterogéneos: la mayoría de los establecimientos industriales producen más de un tipo de producto, y uno o varios subproductos. No obstante, así fuera un solo producto subsisten los mismos problemas que para la IE, es decir el CE no sólo depende de la eficiencia energética sino de una multiplicidad de factores.

Otro intento de obtener en forma operativa indicadores de eficiencia energética para el sector industrial es utilizar el cociente entre el consumo de energía y el índice de producción física. Este indicador no tiene un significado claro, tiene las mismas dificultades que la IE para reflejar la evolución de la eficiencia energética y la ventaja que tendría es quitar el efecto de los cambios de los precios relativos de la economía.

---

<sup>2</sup> Estos ajustes han sido propuestos, por ejemplo, por la IEA tratando de eliminar los efectos del cambio en la estructura productiva, de la diferente estructura de fuentes consumidas y de la temperatura.

<sup>3</sup> El índice de producción física es el cociente entre el valor de la producción actual con precios del año base dividido por el valor de la producción del año base a precios del año base.

## 2.3.

### Indicadores para el monitoreo de la implementación de los programas de EE

Este tipo de indicadores, que podríamos llamar también de **desarrollo de actividades** de los programas de eficiencia energética, captan información sobre la implementación efectiva de los instrumentos y acciones previstas, y pueden referirse a unidades de **productos** de las actividades de promoción o a la realización de un evento o hito. Por ejemplo: cantidad de personas capacitadas en tal temática, cantidad de auditorías energéticas realizadas, cantidad de SGEN implementados, cantidad de acuerdos voluntarios celebrados, hoja de ruta aprobada, etc. También pueden incluir una estimación ex-ante de los impactos esperados de las medidas, como ahorros de energía y de emisiones.

Estos indicadores deben relacionarse con las metas establecidas en el diseño y con variables del total del universo correspondiente a fin de determinar el grado de cobertura alcanzado. Son los típicos indicadores del monitoreo o del seguimiento de la implementación de las políticas, y revelan la efectividad de las actividades de promoción. En un análisis más integrado, sirven también para analizar la calidad de la implementación de la política.

## 2.4.

### Los Indicadores de Desempeño Energético (IDE)

En el marco de la implementación de los Sistemas de Gestión de la Energía en los establecimientos industriales y de servicios bajo la norma ISO 50001, reviste especial importancia el concepto de desempeño energético y su medición. Las ISO 50006 y 50015 establecen pautas para la definición, medición y cálculo de los Indicadores de Desempeño Energético (IDE) en los establecimientos que adopten un SGEN.

El desempeño energético es un concepto amplio que se relaciona con el consumo de la energía, el uso de la energía y la eficiencia energética. Es decir que toma en cuenta todos los factores que inciden en el consumo de energía del establecimiento productivo, denominados variables relevantes. Las mejoras del desempeño energético se miden a partir de las diferencias de los IDE en el período de base y en el período de reporte (período a evaluar con las medidas de eficiencia implementadas). Los IDE se normalizan de modo que las mediciones sean en condiciones equivalentes, por ejemplo, capacidad de producción, condiciones ambientales, etc. Para esta normalización se pueden utilizar modelos estadísticos y/o modelos de ingeniería.

Los IDE son definidos por la organización, el establecimiento industrial, atendiendo a sus requerimientos de análisis y a los alcances de los SGE adoptados, y pueden cambiarse si cambian los **factores estáticos** (estos son los factores estructurales que no cambian continuamente, como ser la composición de los productos, el tamaño de las instalaciones, una nueva instalación, el régimen de producción, cantidad de turnos, entre otros). Un IDE puede ser el consumo de energía de todo el establecimiento, de una parte, del proceso productivo, de un equipo, el consumo por uso, el consumo específico, el consumo por persona empleada, la eficiencia energética, etc.

Los IDE se obtienen a partir de **la medición** de los consumos de energía en el período base y en el período de reporte, sea para la totalidad o para una parte del proceso productivo. Es decir que dichas mediciones dependen de todos los factores que afectan al consumo de energía. Si la normalización de un IDE logra en gran medida que sus valores dependan los más fielmente posible de las mejoras en eficiencia energética se convertiría además en un indicador de resultados o impacto necesario para la evaluación de las intervenciones públicas, siempre que la implementación del SGE haya sido promovida por estas.

## 2.5.

### La evaluación del impacto de las acciones de EE promovidas por políticas públicas

Por impactos (o resultados) de las acciones entendemos como contribuyen las mismas al logro de los objetivos y metas establecidas durante la formulación de la política. En nuestro caso de Propuesta de Instrumentos para facilitar medidas de eficiencia energética en el sector industrial de México, los objetivos generales son:

- Aumentar la eficiencia en la utilización de la energía; y
- Reducir las emisiones de GEI.

Las metas constituyen los valores cuantitativos de las variables objetivo a obtener en los sucesivos períodos intermedios considerados.

La evaluación de impactos implica determinar si los resultados obtenidos sobre las variables objetivo son consecuencia o no de la intervención. Normalmente son más de uno los factores o variables explicativas las que inciden sobre el valor de la variable objetivo; y particularmente en el caso del consumo de energía en la industria, como se vio al principio de esta sección, son varios

los factores importantes que inciden. Poder identificar y evaluar si los resultados obtenidos son consecuencia o no de la intervención es fundamental para analizar su efectividad, si realmente valen la pena los esfuerzos destinados a la intervención o no.

Un método para evaluar los impactos, usado en las políticas sociales, consiste en comparar los resultados obtenidos luego de la aplicación de la medida en un grupo de la población objetivo con los resultados de otro grupo, denominado grupo de control, que se ha encontrado en la misma situación excepto que no se le ha aplicado la medida. Este método, llamado también contrafactual o contra fáctico, no siempre es aplicable. En el caso de las medidas de EE para la industria claramente no es aplicable.

Otra dificultad que se encuentra es al tratar de medir los consumos de energía en el artefacto o subsistema donde se ha aplicado la medida de EE. En muchos casos, la medida de eficiencia comprende una porción, que puede ser baja, del consumo que reflejan los instrumentos de medición del establecimiento. Instalar instrumentos de medición adicionales que detecten sólo el consumo en el ámbito específico de aplicación de una determinada medida de eficiencia, cuando la medida tiene cierto grado de difusión en la industria, puede resultar sumamente costoso. Además, esto no logra eliminar el impacto sobre el consumo de los otros factores distinto a la medida de EE.

Se propone una forma de calcular los impactos de las medidas de eficiencia energética a partir de los parámetros técnicos de la medida de eficiencia implementada y el correspondiente consumo no eficiente. Consiste básicamente en calcular el consumo de energía con la medida de eficiencia efectivamente implementada y restarle el consumo (mayor) que hubiera ocurrido sin la medida.

Una de las expresiones de cálculo puede ser la siguiente:

$$AE_i = C_i - C_o = U (1/\eta_i - 1/\eta_o) = C_i (1 - \eta_i/\eta_o) ; U = C_i \times \eta_i = C_o \times \eta_o$$

$$AE_i = PN_i \times Fc \times hr \times (1 - \eta_i/\eta_o) \quad (1)$$

- AE<sub>i</sub> : ahorro de energía en el equipo o sección como resultado de la medida i
- C<sub>i</sub> : consumo de energía del equipo o sección con la medida i implementada
- C<sub>o</sub> : consumo de energía del equipo o sección antes de implementar la medida i
- U : consumo de energía útil del equipo o sección
- η<sub>i</sub> : rendimiento de utilización del equipo o sección con la medida i implementada
- η<sub>o</sub> : rendimiento de utilización del equipo o sección antes de la medida i
- PN<sub>i</sub> : potencia nominal del equipo o sección con la medida i implementada

Fc : factor de carga promedio anual del equipo o sección  
hr : horas anuales estimadas de funcionamiento del equipo o sección

En otros casos, las estimaciones de los ahorros se calculan como un porcentaje de ahorro por aplicación de la medida i sobre los consumos actuales. Entonces el ahorro de energía sería:

$$AE_i = PN_o \times Fc \times hr \times (1 - \%a_i/100) \quad (2)$$

PN<sub>o</sub> : potencia nominal del equipo o sección antes de aplicar la medida i  
%a<sub>i</sub> : porcentaje de ahorro sobre el consumo sin adoptar la medida i

Cuando la medida de eficiencia se refiere a cambios en la tecnología de producción, lo ahorros suelen expresarse por tonelada de producto. Entonces:

$$AE_i = A_{Ti} \times p \quad (3)$$

A<sub>Ti</sub> : ahorro de energía por tonelada de producto debido al cambio de tecnología  
p : cantidad producida en el año con la tecnología eficiente reemplazando la tecnología anterior

En relación al método de cálculo propuesto para evaluar los impactos de las acciones de eficiencia energética, se realizan los siguientes comentarios:

- Dada la gran variedad de equipamientos y opciones de ahorro de energía en la industria, las ecuaciones de cálculo de los ahorros pueden ser distintas a las presentadas aquí, pero siempre bajo el mismo concepto: las diferencias entre el consumo de energía con la medida de eficiencia efectivamente implementada y el consumo que hubiera ocurrido sin ella. Toda medida de EE es pasible de evaluación económica, de hecho, esta evaluación siempre se realiza; para la misma se necesitan las variables, parámetros técnicos y formas de cálculo de los ahorros.
- Todas las medidas originadas en los programas de la hoja de ruta de EE para la industria, u otra intervención pública de promoción de la EE, necesariamente lleva a un registro de los usuarios que hacen uso de un determinado programa o instrumento. Por ello, obtener la información mencionada en el párrafo anterior no debiera presentar dificultades.

- Si bien los ahorros de energía se obtienen por cálculo ante las dificultades que plantea la medición, se considera que al calcularse para cada medida específicamente se obtiene un nivel de precisión en la determinación de los impactos mayor que con los métodos agregados, y que dicho grado de precisión resulta muy aceptable a fines de evaluar las intervenciones de la política de EE. En los casos eventuales en que sea factible medir los consumos de energía en el ámbito específico de la misma y se instalen los correspondientes equipos de medición, el cálculo de los ahorros debe partir de estas mediciones. No obstante, el contra fáctico es por definición no medible, y debe completarse los cálculos a partir de los parámetros técnicos de rendimientos promedio durante la operación.
- Cada medida identificada y evaluada va asociada a un conjunto de atributos que permiten clasificarla por subsector, división, por fuente energética ahorrada, por tamaño del establecimiento, región, línea estratégica, programa, instrumento, etc. De este modo, se obtendrá la información que se desee clasificada según el ámbito que se quiera evaluar.
- Los ahorros de emisiones de GEI se obtienen, al aplicar los correspondientes factores de emisión.
- Para hacer posible las funciones de M&E propuestas debe desarrollarse y mantenerse un subsistema de información centralizado, tal como lo propone la IEA en su guía de desarrollo en implementación de hojas de ruta, a fin de dotar a la información de homogeneidad, coherencia y calidad, reduciendo así los costos para la sociedad en la obtención de la información necesaria para el M&E. El costo de tal sistema es muy bajo comparado con los montos, bajo análisis e intervención.

## 2.6.

### Propuesta de indicadores

Para el monitoreo y evaluación de resultados de las acciones e instrumentos propuestos en la *Propuesta de Instrumentos para facilitar medidas de eficiencia energética en el sector industrial de México* se propone elaborar tres tipos de indicadores:

- Indicadores Agregados
- Indicadores de Desarrollo de Actividades de promoción de la EE
- Indicadores de Impacto

Los **Indicadores Agregados (IA)** son aquellos que presentan información de más de un establecimiento industrial, normalmente desde una clase, en la terminología CIIU, es decir a cuatro

dígitos, y sus sucesivos niveles de agregación hasta llegar a la totalidad del sector (o sección, en la clasificación CIIU) de la industria manufacturera.

Los **Indicadores de Desarrollo de Actividades de promoción de la EE (ID)** captan información sobre la implementación efectiva de los instrumentos y medidas establecidas para su monitoreo y seguimiento.

Los **Indicadores de Impacto (IM)** son la cuantificación de los ahorros de energía y de emisiones como consecuencia de las medidas de EE implementadas. Son los que permiten evaluar la efectividad y eficiencia de las intervenciones.

Los tres tipos de indicadores propuestos deben **desarrollarse y analizarse en forma conjunta** ya que son complementarios. Es necesario disponer de los tres tipos de indicadores para poder hacer una evaluación de los resultados de las intervenciones, compararlos con lo programado y determinar las causas de los desvíos en relación a las metas establecidas. A partir de este análisis es que se obtendrán los **aprendizajes** para mejorar, desechar o incorporar nuevos instrumentos.

En cuanto a la *periodicidad* de los indicadores, se recomienda que la misma sea, en general, **mensual**. Principalmente los Indicadores de Desarrollo de Actividades deben ser mensuales, ya que el monitoreo y seguimiento debe ser en el corto plazo. Los Indicadores Agregados generalmente son anuales, por un lado, debido a que las estadísticas económicas se consolidan anualmente y se eliminan los efectos de las estacionalidades; no obstante, en algunos casos, particularmente en las industrias energo-intensivas se recomienda que sean mensuales o trimestrales. Y en cuanto a los Indicadores de Impacto, si bien de cada medida se releva a partir del día de su implementación en el establecimiento industrial, su periodicidad debería ser anual a fin de atenuar el efecto de los factores estacionales o aleatorios sobre el consumo de energía.

Para poder elaborar los indicadores de Impacto, necesariamente debe partirse de las medidas tecnológicas de eficiencia energética efectivamente implementadas en las industrias, ya que estas son las que producen ahorros de energía y de emisiones. Un instrumento de política de por sí no produce estos ahorros, sólo los producen los cambios físicos sobre el proceso productivo. Por ejemplo, la capacitación en eficiencia, la realización de auditoría o la implementación de un SGE no producirán ahorros sino a través de las medidas que se implementan como consecuencia de tales instrumentos. La excepción lo constituyen los **acuerdos voluntarios**, donde no se le pide al industrial que especifique en qué acciones, equipos o procesos actúo para aumentar la eficiencia, pero esto no se logra si no actúa sobre los equipos y su operación.

## 2.7.

### Indicadores Agregados

#### IA.1: Intensidad Energética (IE)

$$IE_k = E_k / VA_k$$

k: rama de actividad con distintos niveles de agregación, incluyendo el total de la industria

$IE_k$  : intensidad energética de la rama k en el período [GJ/\$]

$E_k$  : consumo energético total de la rama k en el período [GJ]

$VA_k$  : valor agregado por la rama k en el período a precios constantes [\$]

El máximo nivel de desagregación a obtener dependerá de las desagregaciones de las estadísticas de consumo energético y del valor agregado industrial. Es importante tener en cuenta que ambas desagregaciones pueden no ser coincidentes en cuanto a las actividades consideradas en cada grupo, en cuyo caso deberá hacerse un esfuerzo de compatibilización entre ambos sistemas estadísticos.

#### IA.2: Intensidad Energética Total ajustada por estructura productiva (IEA)

$$IEA_t = \sum_k S_{k,0} * IE_{k,t}$$

k : rama de actividad a nivel de subsector

$IEA_t$  : intensidad energética total ajustada del sector Industria en el período t [GJ/\$]

$S_{k,0}$  : participación del subsector k en el valor agregado industrial en el período base 0

$IE_{k,t}$  : intensidad energética del subsector k en el período t [GJ/\$]

#### IA.3: Consumo Específico (CE)

Este indicador se elaborará sólo para las ramas más energo-intensivas y cuyos principales productos sean relativamente homogéneos: hierro y acero, cemento, vidrio, pulpa y papel y azúcar.<sup>4</sup>

$$CE_k = E_k / P_k$$

---

<sup>4</sup> No se incluye en este tipo de indicador a la industria Química dado la gran heterogeneidad de sus productos e intensidades energéticas.

- k : rama de actividad homogénea
- $CE_k$  : consumo específico de la rama k en el período [GJ/t]
- $E_k$  : consumo energético total de la rama k en el período [GJ]
- $P_k$  : producción total de la rama k en el período en unidades físicas [t]

#### IA.4: Consumo Específico ajustado por estructura de producción (CEA)

Al igual que el anterior, este indicador se elaborará sólo para las ramas más energo-intensivas y de productos relativamente homogéneos.

$$CEA_{k,t} = E_{k,t} / (P_{k,0} * IPF_{k,t} / IPF_{k,0})$$

- k : rama de actividad homogénea
- $CEA_{k,t}$  : consumo específico de la rama k en el período t [GJ/t]
- $E_{k,t}$  : consumo energético total de la rama k en el período t [GJ]
- $P_{k,0}$  : producción total de la rama k en el período base 0 en unidades físicas [t]
- $IPF_{k,t}$  : índice de producción física de la rama k en el período t
- $IPF_{k,0}$  : índice de producción física de la rama k en el período 0

#### IA.5: Consumo Energético Total ajustado por producción física (ETA)

$$ETA_t = E_t / (IPF_t / IPF_0)$$

- $ETA_t$  : consumo de energía ajustado del total del sector industria en el período t [GJ]
- $E_t$  : consumo energético total de la Industria en el período t [GJ]
- $IPF_t$  : índice de producción física de la industria en el período t
- $IPF_0$  : índice de producción física de la industria en el período 0

## 2.8.

### Indicadores de Desarrollo de Actividades de promoción de la EE

Los indicadores propuestos en este apartado se corresponden con las acciones e instrumentos propuestos para en los capítulos correspondientes. El diseño de estos indicadores puede sufrir cambios en función de cómo se terminen definiendo operativamente los instrumentos y medidas de eficiencia para su implementación.

#### a) Fortalecimiento de capacidades

**ID.1:** Personal destinado a la implementación de la Hoja de Ruta (PER)

PER: cantidad de personas según formación destinadas directamente a la gestión de la implementación y seguimiento de la Hoja de Ruta en el período [N°]

**ID.2:** Presupuesto destinado a la implementación de la Hoja de Ruta (PTO)

PTO: presupuesto destinado a la gestión de la implementación y seguimiento de la Hoja de Ruta en el período t [\$]. No incluye los montos destinados a las medidas de promoción.

**ID.3:** Profesionales capacitados en eficiencia energética (PEE)

PEE: cantidad de profesionales capacitados en eficiencia energética según especialidad en programas establecidos en la Hoja de Ruta en el período [N°], discriminados por región de residencia.

**ID.4:** Establecimientos con Gerentes Energéticos (EGE)

EGE: cantidad de establecimientos con gerentes energéticos de la rama k en el período [N°], desagregados por tamaño del establecimiento y región.

EGE'<sub>k</sub>: participación de los establecimientos con gerentes energéticos sobre el total de la rama k en el período [%], desagregados por tamaño del establecimiento y región.

## **b) Asesoramiento e Información**

**ID.5:** Acciones de difusión sobre tecnologías y buenas prácticas de eficiencia energética (PUBL)

PUBL: cantidad de publicaciones por tipo sobre tecnologías eficientes y buenas prácticas en el período [N° de publicaciones según tipo]

**ID.6:** Asistencia técnica en eficiencia energética (AT)

AT<sub>k</sub>: cantidad de asistencias técnicas brindadas en la rama k en el período [N°], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

AT'<sub>k</sub>: participación de los establecimientos con asistencia técnica recibida sobre el total de la rama k en el período [%], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

**ID.7:** Cantidad de auditorías energéticas realizadas (AU)

AU<sub>k</sub>: cantidad de auditorías energéticas realizadas en la rama k en el período [N° de auditorías], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

**ID.8:** Ahorro de energía estimados en las auditorías energéticas realizadas (EAU)

$EAU_k$ : ahorros de energía clasificados según rango de inversiones y detectados en auditorías energéticas realizadas en la rama k en el período [GJ], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

$EAU'_k$ : participación de los ahorros de energía según rango de inversiones detectados en auditorías energéticas realizadas sobre el consumo de energía de la rama k en el período [GJ], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

**ID.9:** Ahorro de emisiones estimados en las auditorías energéticas realizadas (GAU)

$GAU_k$ : ahorros de emisiones según rango de inversiones detectados en auditorías energéticas realizadas en la rama k en el período [t CO<sub>2</sub>], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

$GAU'_k$ : participación de los ahorros de emisiones según rango de inversiones detectados en auditorías energéticas sobre las emisiones totales de la rama k en el período [%], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

### c) Regulatorios y de Comando y control

**ID.10:** Normas emitidas estableciendo estándares de eficiencia energética (NEE)

NEE: cantidad de normas emitidas, según tipo y equipo o proceso, estableciendo estándares de eficiencia energética en el período [N° de normas emitidas].

**ID.11:** Acuerdos Voluntarios para la reducción del consumo de energía y emisiones (AV)

$AV_k$ : cantidad de acuerdos voluntarios celebrados en la rama k en el período [N° de acuerdos], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

**ID.12:** Ahorro energético previsto de los Acuerdos Voluntarios celebrados (EAV)

$EAV_k$ : ahorros de energía previstos por los acuerdos voluntarios en la rama k en el período [GJ], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

$EAV'_k$ : participación de los ahorros de energía por los acuerdos voluntarios en el consumo de la rama k en el período [%], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

**ID.13:** Ahorro de emisiones de los Acuerdos Voluntarios celebrados (GAV)

$GAV_k$ : ahorros de emisiones por los acuerdos voluntarios en la rama k en el período [t CO<sub>2</sub>], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

$GAV'_k$ : participación de los ahorros de emisiones por los acuerdos voluntarios en las emisiones de la rama k en el período [%], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

**ID.14:** Costo fiscal de los Acuerdos Voluntarios celebrados (CAV)

CAV<sub>k</sub>: importes que se dejen de percibir debido a los acuerdos voluntarios en la rama k en el período [\$/], desagregados por tamaño del establecimiento y región.

**ID.15:** Sistemas de gestión de la energía implementados (SGE)

SGE<sub>k</sub>: cantidad de SGE implementados en la rama k en el período t [N° de SGE implementados], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

**ID.16:** Consumo de energía en establecimientos con SGE implementados (ESG)

ESG<sub>k</sub>: consumo de energía por fuente energética y total en establecimientos con SGE implementados en la rama k en el período [GJ], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

#### **d) Económicos y Fiscales**

**ID.17:** Inversiones en eficiencia energética con amortización acelerada (AAC)

AAC<sub>k</sub>: cantidad de casos aceptados para amortización acelerada de las inversiones en eficiencia energética en la rama k en el período t [N°], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

AAC'<sub>k</sub>: monto en inversiones con amortización acelerada en la rama k en el período t [\$/], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

**ID.18:** Deducciones impositivas por aplicación de medidas de eficiencia energética (DI)

DI<sub>k</sub>: cantidad de casos con deducciones impositivas por la aplicación de medidas en eficiencia energética en la rama k en el período t [N°], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

**ID.19:** Costo fiscal de las deducciones impositivas (CDI)

CDI<sub>k</sub>: monto de las deducciones impositivas por eficiencia energética en la rama k en el período t [\$/], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

#### **e) Financiamiento**

**ID.20:** Cantidad de créditos de fomento a la eficiencia energética (FEE)

FEE<sub>k</sub>: cantidad de créditos otorgados a tasas de fomento para medidas e inversiones en eficiencia energética en la rama k en el período t [N°], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

**ID.21:** Monto de créditos de fomento a la eficiencia energética (MFEE)

$MFFE_k$ : monto de los créditos otorgados a tasas de fomento para medidas e inversiones en Eficiencia energética en la rama k en el período t [\$], desagregadas por tamaño del establecimiento y región.

## 2.9.

### Indicadores de Impacto

**IM.1:** Ahorro de energía por la implementación de medidas de eficiencia energética (AE).

$AE_{i,j,k}$ : ahorro de energía producido por la medida i,<sup>5</sup> promocionada con los instrumentos j, en la rama k en el período t [GJ], desagregado por fuente energética, tamaño del establecimiento y región.

$AE'_{i,j,k}$ : participación del ahorro de energía producido por la medida i, promocionada con los instrumentos j, en el consumo de energía de la rama k en el período t [%], desagregado por fuente energética, tamaño del establecimiento y región.

**IM.2:** Ahorro de emisiones por la implementación de medidas de eficiencia energética (AG).

$AG_{i,j,k}$ : ahorro de emisiones producido por la medida i,<sup>6</sup> promocionada con los instrumentos j, en la rama k en el período t [t CO<sub>2</sub>], desagregado por tamaño del establecimiento y región.

$AG'_{i,j,k}$ : participación del ahorro de emisiones producido por la medida i, promocionada con los instrumentos j, en las emisiones de la rama k en el período t [%], desagregada por tamaño del establecimiento y región.

**IM.3:** Sustitución de combustibles fósiles por renovables (SCF).

$SCF_{i,j,k}$ : cantidad de combustibles fósiles sustituida por la medida i, promocionada con los instrumentos j, en la rama k en el período t [GJ], desagregado por fuente energética, tamaño del establecimiento y región.

$SCF'_{i,j,k}$ : participación de la sustitución de combustibles fósiles producida por la medida i, promocionada con los instrumentos j, en el consumo de combustibles fósiles de la rama k en el período t [%], desagregado por fuente energética, tamaño del establecimiento y región.

**IM.4:** Ahorro de emisiones por la sustitución de combustibles fósiles por renovables (GCF).

---

<sup>5</sup> Calculado de acuerdo con la metodología presentada en el punto 9.2.5.

<sup>6</sup> Aplicando a los ahorros de energía los correspondientes factores de emisión de GEI.

$GCF_{i,j,k}$ : ahorro de emisiones por sustitución de combustibles fósiles producido por la medida  $i$ , promocionada con los instrumentos  $j$ , en la rama  $k$  en el período  $t$  [ $t\ CO_2$ ], desagregado por tamaño del establecimiento y región.

$GCF'_{i,j,k}$ : participación los ahorros de emisiones por la sustitución de combustibles fósiles producido por la medida  $i$ , promocionada con los instrumentos  $j$ , en las emisiones de la rama  $k$  en el período  $t$  [%], desagregado por tamaño del establecimiento y región.

**IM.5:** Ahorro de energía en el conjunto del sistema energético por la implementación de sistemas de cogeneración (ECO)

$ECO_{j,k}$ : ahorro de energía por sistemas de cogeneración implementados, promocionados con los instrumentos  $j$ , en la rama  $k$  en el período  $t$  [GJ], desagregado por fuente energética, tamaño del establecimiento y región.

$ECO'_{j,k}$ : participación de los ahorros de energía producido por cogeneración, promocionados con los instrumentos  $j$ , en la oferta interna bruta total del país en el período  $t$  [%], desagregado por fuente energética, tamaño del establecimiento y región.

**IM.6:** Ahorro de emisiones por la implementación de sistemas de cogeneración (GCO).

$GCO_{j,k}$ : ahorro de emisiones debido a los sistemas de cogeneración, promocionados con los instrumentos  $j$ , en la rama  $k$  en el período  $t$  [ $t\ CO_2$ ], desagregado por tamaño del establecimiento y región.

$GCO'_{j,k}$ : participación los ahorros de emisiones por cogeneración, promocionada con los instrumentos  $j$ , en las emisiones del sector energético en el período  $t$  [%], desagregado por tamaño del establecimiento y región.

**IM.7:** Ahorro económico por la implementación de las medidas de eficiencia energética (VPN)

$VPN_{i,j,k}$ : valor presente neto generado por la medida  $i$ , promocionada con los instrumentos  $j$ , en la rama  $k$  en el período [ $\$$ ], desagregado por tamaño del establecimiento y región.

### 3. Información para el M&E y la institucionalización de la evaluación de la Hoja de Ruta

Los principales desafíos que se vislumbran para la implementación de un sistema efectivo de M&E de la Hoja de Ruta para la industria son: a) la obtención de la información necesaria para la elaboración en forma rigurosa de los indicadores de M&E; y b) el fortalecimiento de las capacidades estatales para la evaluación de los resultados.

La información estadística necesaria para elaborar los Indicadores Agregados ya es producida por la SENER y el INEGI. Debería analizarse, al momento de elaborar estos indicadores, la compatibilidad y consistencia de la información a relacionar y, eventualmente, sugerir ajustes a la forma de presentar la información por dichos organismos. Por otra parte, para elaborar los Indicadores de Desarrollo de Actividades de EE y los Indicadores de Impacto los datos necesarios deberán obtenerse a posteriori, o en el momento, de implementarse cada acción. Respecto a la evaluación de los impactos, debe relevarse información de la recopilada en los usuarios de alto patrón de consumo de energía (UPAC) en su Formato 3, aunque debería ser más sencillo y relevando los datos necesarios para estimar los ahorros y no los cálculos de los mismos, extensivo a todos los beneficiarios de la Hoja de Ruta. La ventaja con que se cuenta es que los beneficiarios ya estarán identificados.

La literatura sobre evaluación de políticas públicas enfatiza algunas condiciones para una adecuada institucionalización de la evaluación (Martínez Nogueira, E.; 2017):

- Compromiso político,
- Demanda y uso de los resultados de la evaluación,
- Definición precisa de sus objetivos y modalidades de realización,
- Garantías sobre la independencia de criterio de los evaluadores,
- Soporte en información adecuada y confiable,
- Existencia de una “cultura de la evaluación” que legitime los esfuerzos y asegure la calidad de los procesos de evaluación y disponibilidad de metodologías adecuadas y recursos humanos capacitados para la evaluación.

El conjunto de estos factores determina la llamada “capacidad para la evaluación”. La exigencia de estas condiciones hace que los procesos de institucionalización de la evaluación sean progresivos, de aprendizaje y de perfeccionamiento constante de metodologías y técnicas.