

LAS NORMAS DE LA SERIE 50.000 Y SU CONTRIBUCIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DE SGE EN REFINERÍAS

Andrea Afranchi y Andrea Heins (Energy Performance)

andrea.afranchi@energyperf.com; andrea.heins@energyperf.com

Sinopsis

La norma ISO 50.001 (International Organization for Standardization) surge a partir de la necesidad de estandarizar internacionalmente una herramienta, que permita dar respuesta de forma eficaz al cambio climático y a los retos energéticos a enfrentar en las próximas décadas.

Al igual que ocurre con otros sistemas de gestión, la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía (SGE) es voluntaria y puede darse en cualquier tipo de organización. Sin embargo la adopción de esta norma muestra una tasa de crecimiento superior a la que tuvo, en su momento, la implementación de los sistemas de gestión basados en las ISO 9.001 y 14.001. Esto se debería a los beneficios directos e indirectos que lleva consigo la mejora del desempeño energético. Según ISO, si la norma fuese adoptada de forma global, regularía hasta el 60% de la demanda energética mundial.

La ISO 50.001 va camino de convertirse en una de las normas certificables con mayor éxito entre organizaciones de diversos ámbitos por su capacidad para mejorar la competitividad de las mismas. Adicionalmente, ha permitido y permite desarrollar nuevas capacidades y experiencias y contribuyó, a solo tres años de publicada la primer norma, al desarrollo de herramientas complementarias conocidas como las nuevas normas de la serie ISO 50.000.

Este trabajo hace un repaso por las nuevas normas de la serie que contribuyen y aportan claridad al proceso de desarrollo e implementación de un SGE.

Las guías de implementación y normas complementarias proporcionan una orientación práctica sobre cómo cumplir con los requisitos de la norma ISO 50.001; ofrecen un conjunto de principios y directrices para la medición y verificación de la gestión de la energía (lo que aumenta la credibilidad de la eficiencia energética) y; destaca a la auditoría energética como una herramienta para reducir el consumo y encontrar una solución a largo plazo (ayuda a identificar y priorizar las oportunidades para mejorar, reducir la degradación de energía y obtener beneficios ambientales relacionados).

Estas nuevas normas son “herramientas” complementarias, no son normas certificables como la ISO 50.001, pero son de mucha utilidad ante problemas concretos como la definición de indicadores y línea/s de base y además permiten unificar criterios como en el caso de auditorías energéticas.

1. Introducción

Un SGE ofrece a las organizaciones la oportunidad de tener un diagnóstico de su situación energética, lo que se transforma en la plataforma de despegue para cualquier acción de ahorro y mejora posterior. Proporciona además elementos para la toma de decisiones y sobre todo ofrece un medio para gestionar la energía en forma activa.

Todo sistema de gestión de una organización sea de calidad, ambiental u otra temática, centran su estrategia en la mejora continua o Ciclo de Deming, el cual se resume en cuatro etapas: i] planificar, ii] hacer, iii] verificar y iv] actuar (también conocido por las siglas *PDCA*, del acrónimo en inglés de *Plan, Do, Check, Act*). Dichas etapas se han destacado con fondo oscuro en la figura siguiente, donde además puede apreciarse otras instancias y acciones complementarias que contribuyen a la construcción del modelo de un SGE.

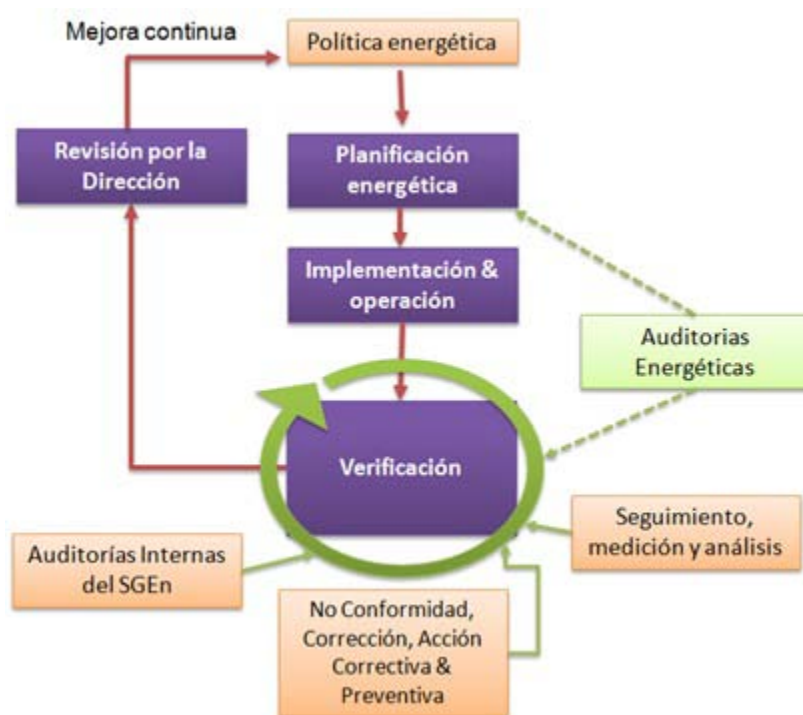


Figura 1) Modelo del Sistema de Gestión de la Energía (1)

A la derecha de la figura anterior, se introducen las auditorías energéticas como una herramienta del modelo del SGE. Esta adaptación propia, del esquema original de ISO, muestra con líneas de puntos las etapas en las cuales es conveniente introducir las auditorías energéticas.

El proceso se inicia con la definición de la Política Energética, en la cual se realiza una declaración, por parte de la organización, de sus intenciones y lineamientos globales en relación con su desempeño energético.

La etapa siguiente es la de la Planificación Energética, esta debe revisar la situación actual, establecer objetivos y metas y a partir de estos definir el plan de acción para la mejora del desempeño energético. Esta instancia es crítica, porque representa los cimientos del SGE. Aquí se realiza la revisión energética la cual permite a su vez definir la línea de base energética, sirve para definir los indicadores de desempeño energético y los objetivos, metas y planes de acción para la mejora del desempeño energético. Estos conceptos también pueden ser abordados desde la óptica de procesos; en cuyo caso se contemplan las entradas o inputs necesarios, el proceso en sí mismo (que no es otra cosa que la revisión energética) y su salida u output (la planificación).



Figura 2) Esquema de la Planificación Energética bajo el enfoque por procesos (2)

Definido el plan, el paso siguiente es el “hacer”, o lo que es lo mismo, la Implementación y Operación. Utilizando los planes de acción y otros elementos resultantes del proceso de planificación como un gran paraguas, la organización empieza a actuar, pone en marcha el plan de acción. Esta norma contiene una importante componente técnica y tecnológica, lo cual sumado a la flexibilización en la generación de procedimientos y sistemas de registro, ha logrado imprimir agilidad en esta etapa destinada a la ejecución.

La etapa de Verificación, donde se monitorean y miden los procesos y las características claves de las operaciones (también conocida como seguimiento, medición y control) determina el rendimiento de la energía con respecto a la política energética y los objetivos y donde también se contempla la información de los resultados.

“Actuar” implica tomar acciones para mejorar en forma continua la eficiencia energética y el SGE. Esta etapa es también llamada Revisión, aquí la alta dirección debe revisar, a intervalos planificados (típicamente 1 vez al año), el SGE de la organización para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continuas.

En la figura 1) puede observarse que el cierre del ciclo de mejora continua incluye a la política energética (la salida del proceso de revisión por la dirección alimenta a la política energética), esta es una modificación al ciclo de mejora continua con respecto a otras normas de gestión como la ISO 9.001 de Calidad y la ISO 14.001 de Medio Ambiente. De esta manera la norma ha permitido introducir y relacionar al contexto, tanto interno (nuevos proyectos, salida de servicio de alguna unidad por un tiempo prolongado, etc.) como externo (variaciones de precios internacionales, disponibilidad y/o restricciones de alguna fuente de energía, etc.), con el SGE, a través de la inclusión de la Política Energética en la Revisión por la Dirección.

El comité internacional ISO TC 242 (TC Technical Committee) sobre gestión de energía, que desarrolló la norma ISO 50.001, trabaja en el desarrollo de nuevas normas complementarias a la norma de SGE que abordan distintos aspectos de la eficiencia energética y gestión de la energía. Varias de estas normas complementarias han sido publicadas durante la segunda parte del año 2014 y son de mucha utilidad a la hora de implementar y/o mejorar un SGE.

2. Desarrollo

2.1. Las Auditorías Energéticas y la Planificación del SGE

Una herramienta muy útil para realizar diagnósticos energéticos es la auditoría energética. Esta suele ser el punto de partida para el desarrollo de un SGE debido a que sobre los resultados de la misma se construye un plan estructurado de ahorro energético. Pero es importante destacar que también puede ser utilizada en la etapa de verificación.

La auditoría energética, abordada por la norma ISO 50.002 (publicada en junio de 2014), asiste a las organizaciones en la búsqueda de un conocimiento profundo y real de su consumo energético y los costos asociados, ayuda a identificar y caracterizar los factores que afectan al consumo de energía y permite detectar y evaluar oportunidades de ahorro, mejora y diversificación energética. También son de mucha utilidad en áreas o procesos poco instrumentados o que no dispongan de mucha información. Es importante mencionar que esta norma NO establece requisitos, sino que se enfoca en dar guías para el desarrollo de auditorías energéticas; realiza recomendaciones para la planificación y realización de las mismas (acuerdos previos, canales de comunicación, roles y responsabilidades, etc.), así como las competencias del equipo auditor y trata aspectos como “confidencialidad y conflicto de intereses”, que no siempre son tenidos en cuenta al momento de implementar este tipo de estudios

Es importante destacar que esta herramienta es diferente a las auditorías del sistema de gestión, estas últimas son utilizadas para evaluar el estado del sistema de gestión.

Previo a la planificación energética, se debe definir claramente el alcance (actividades), los límites (físico) y los objetivos (para qué, que se espera obtener) de la auditoría para luego, teniendo en consideración tales definiciones previas, iniciar el proceso de auditoría energética que se describe en la figura siguiente.

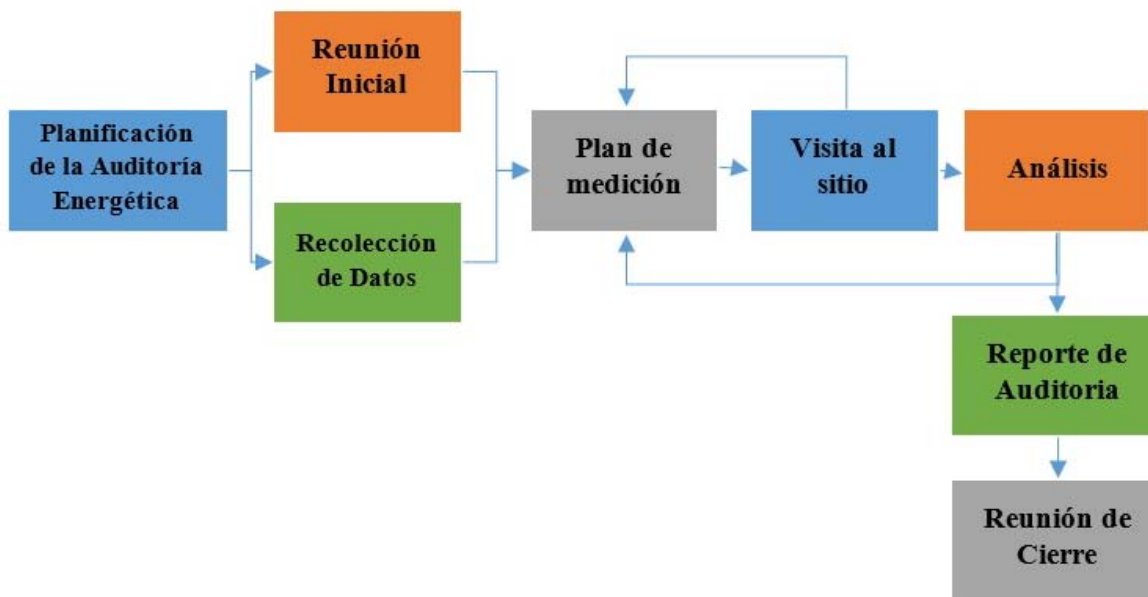


Figura 3) Proceso de auditoría energética (3)

La *planificación* debe ser consistente con los objetivos, alcance y límites de la auditoría, puede abordar requerimientos regulatorios específicos que afectan a las instalaciones a auditar, planes estratégicos y/o de ampliación (3).

La *reunión inicial* busca establecer acuerdos entre la refinería y el equipo auditor, disponer de todos los recursos necesarios para el desarrollo de la auditoría (disponer de información confiable y representativa de la operación normal de la refinería, documentación técnica de las plantas a auditar, si hubiera resultados de auditorías anteriores tanto internas como externas, y cualquier otra información que pudiera resultar de utilidad a criterio del equipo auditor y/o del equipo de la refinería) (3).

La norma trata en forma específica y por separado la *recolección de información* del plan de medición. El primero es del tipo general, va desde aspectos que hacen a la operación de la refinería, variables históricas, programas de mantenimiento, etc. e incluye datos económicos y financieros. Mientras que el *plan de medición* se refiere a mediciones concretas a realizar para el desarrollo de la auditoría y puede incluir la contratación de un tercero para la realización de mediciones *in situ* (3).

En algunos casos, durante el proceso de identificación de los consumos energéticos suelen aparecer interrogantes acerca del tratamiento que debe darse a las corrientes residuales, lo cual es aconsejable discutirlo durante la *visita al sitio*. Esta norma menciona que hay que determinar “*todos*” los consumos (3). Debiendo contabilizarse no solo los combustibles y la electricidad sino también el aprovechamiento de corrientes residuales de todo tipo, corrientes de proceso utilizadas para generar vapor (por ejemplo flue gases o corrientes calientes de unidades como destilación al vacío o cracking térmico), y cualquier otro consumo que se realice aun cuando el medio calefactor sea provisto internamente, esto evita encubrir alguna oportunidad de mejora. Cuando se dan estos casos es necesario realizar una identificación del origen de las corrientes aprovechadas y explicar los consumos genuinos, para luego evaluar oportunidades de optimización global (2) (4) , ya que el máximo aprovechamiento de las corrientes internas mencionadas permitirá disminuir consumos externos de energía.

La etapa de *análisis* es fundamental la realización de un análisis de consistencia, en algunos casos esto puede requerir de información complementaria y hasta proponer métodos diferentes de recolección de datos. Por ejemplo, ante un consumo importante de vapor en una turbina grande, donde no hubiera medición directa, dicho consumo se puede inferir en función de la apertura de las vueltas de la turbina medidas en campo, se podría contrastar contra la potencia mecánica requerida por el equipo (bomba o compresor) o bien con un análisis sobre el proceso. También forman parte de esta etapa, la determinación de desempeño energético actual y representativo de las unidades o refinería auditada y la identificación y evaluación de las oportunidades de mejora. Estas últimas deben incluir necesidades de inversión y cualquier otra externalidad positiva asociada a la propuesta (por ejemplo, aumento de la capacidad de procesamiento, desplazamiento de fuentes externas de energía, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), etc.); no deben descartarse a priori ninguna de las oportunidades identificadas, por ejemplo aquellas que se vislumbren como “poco rentables”, todas deben ser analizadas identificando el beneficio que proporcionan y el costo de implementación, y luego serán presentadas ordenadas bajo un criterio de ranqueo acordado con la organización que debe contemplar interacciones potenciales entre las medidas propuestas (3).

La norma incluye aspectos a tener en cuenta en la elaboración del informe de auditoría y la reunión de cierre de la misma, lo cual busca poner un marco de referencia para facilitar la comparación entre diferentes auditoría energéticas.

2.2. Desarrollo de Indicadores de Desempeño Energético y Línea de Base

La norma ISO 50.001 define la línea de base energética (LB) como una referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético (5). Mientras que un indicador del desempeño energético (IDEn) se define como un valor cuantitativo o medida del desempeño energético (5). Ambos conceptos si bien cuentan con una definición clara, suelen presentar controversias a la hora de su desarrollo. Es por esta razón que ISO ha desarrollado la norma 50.006 (publicada en diciembre de 2014), la cual provee una guía para las organizaciones que quieran establecer, utilizar o mantener IDEn y LB como parte de un proceso de medición del desempeño energético (6).

La palabra “*cuantitativa*” se refiere a que la línea de base ha de estar formada por cantidades, valores, datos y la representación gráfica de esos valores o datos le da el nombre de *línea*. Mientras el término *base*, define un estado de referencia o comparación para evaluar si el desempeño energético mejora con el tiempo, se mantiene o empeora.

La norma guía introduce el concepto “factor estático”, que identifica factores que impactan en el desempeño energético pero que no cambien en forma rutinaria (6). En algunas refinerías, el cambio del tipo de carga procesada puede ser definido como un factor estático, pudiendo acotar la variación entre dos o tres tipos de crudos representativos, por ejemplo

El desempeño energético puede ser afectado por variables significativas y factores estáticos, por ende la organización deberá llegar a un grado de entendimiento de sus procesos e instalaciones de manera de poder discriminar entre variables y factores. Por ejemplo, el caudal de carga procesada sería una variable significativa que impacta directamente en el desempeño energético de la organización y podría variar de forma frecuente en función del contexto interno o externo (logística de crudo y productos, demanda de mercado, disponibilidad de crudo, etc.).

La guía propone la siguiente visión general para la medición del desempeño energético, ver figura siguiente.

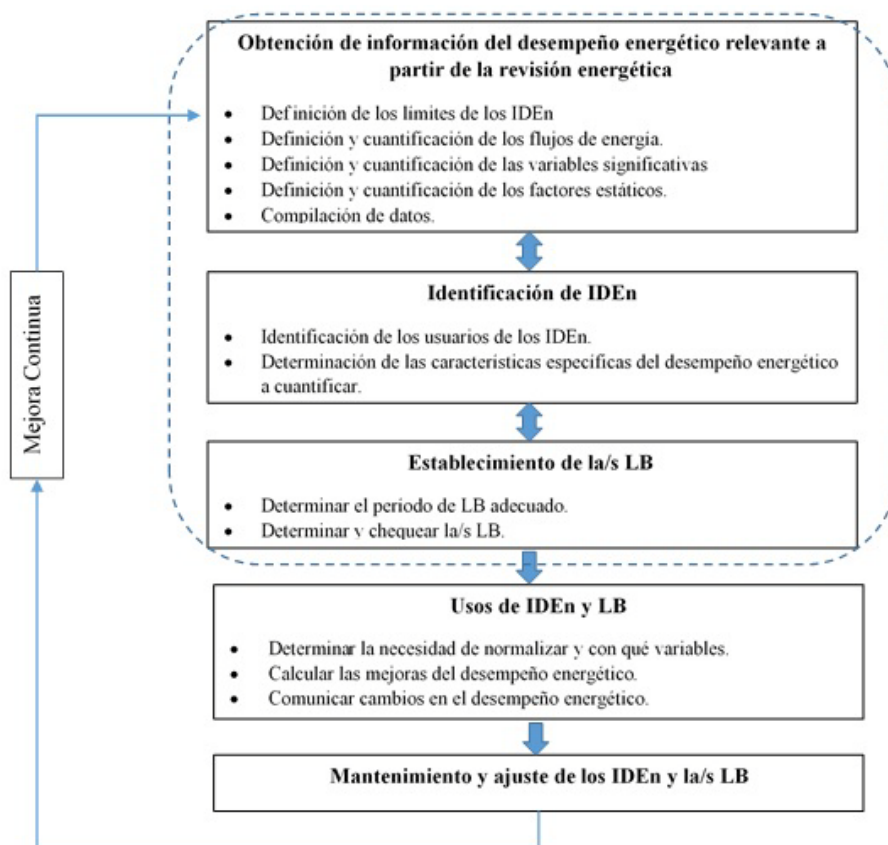


Figura 4) Visión global de la medición del desempeño energético (6)

A continuación se realiza una descripción de cada uno de los puntos mencionados en la Figura 4.

💧 **Obtención de información del desempeño energético relevante a partir de la revisión energética**

En lo que respecta a los IDEn se utilizan para evaluar el desempeño energético actual con respecto a un período de referencia (el de la LB), para determinar ahorro o sobreconsumos de energía y pueden ser utilizados para pronosticar el consumo de energía en un período futuro. Además permiten realizar análisis comparativos, con datos referenciales de la misma refinería (períodos anteriores), con otras refinerías de la misma compañía o benchmarking con otras empresas de refinación, como por ejemplo el difundido Índice de Intensidad Energética de Solomon, más conocido como “EII” por sus siglas en inglés *Energy Intensity Index*. (4).

Los IDEn brindan información relevante a varios usuarios para conocer su desempeño energético y tomar acciones de mejora. Es por esto que la guía parte de la definición de los límites de los indicadores, los define teniendo en consideración a los usuarios de los IDEn y sus necesidades (6).

Seguidamente se debe definir y cuantificar los flujos de energía dentro y a través de los límites antes definidos para los diferentes niveles de los IDEn. Por ejemplo, en el caso concreto de un horno de procesos el límite se plantea alrededor del equipo y el flujo de energía es el caudal de fueloil a los quemadores el cual debe ser cuantificado. También se puede incluir información adicional relacionada (puntos de medición, flujo de productos, etc.), siempre que la misma sea

importante para el análisis de energía y el establecimiento de los IDEn. Retomando el mismo ejemplo, en muchos casos el medidor de caudal de fueloil está instalado de manera tal que mide el combustible que va al quemador más el retorno que siempre existe en las líneas de fueloil. En este ejemplo el flujo de energía que hay que utilizar es el caudal neto que deberá calcularse a partir de la medición existente descontando el caudal de retorno (ya sea porque también se mide o se calcula por inferencia, ya que este no es un consumo de energía). Una consideración importante, para los usos significativos de la energía (USE), es la adecuada medición del consumo de energía que cruza los límites de los USE así como la disponibilidad de datos sobre las variables relevantes. Continuando con el análisis del horno, una variable relevante en este caso sería la temperatura de la carga que ingresa al equipo (la cual va a impactar directamente en el consumo de combustible y depende de factores externos como por ejemplo el ensuciamiento del tren de intercambio previo).

Durante la etapa de *definición y cuantificación de las variables relevantes*, es importante aislar las variables que son significativas para el desempeño energético de aquellas variables que tienen poca o nula influencia. Por ende se requiere un análisis de los datos para determinar la significancia de las variables relevantes.

Es aconsejable trazar en función del tiempo un gráfico de tendencia para identificar si los cambios de las variables se dan en el mismo momento que los cambios en el consumo de energía. Luego, para evaluar si la dependencia entre ambos es significativa, se puede graficar la variable contra el consumo de energía en un diagrama tipo X-Y y evaluar su correlación (6).

Es importante mencionar que ciertas variables pueden mostrar una relación no lineal. Además, cuando no aparece una única variable relevante, se pueden usar modelos que involucren dos o más variables relevantes. En algunos casos puede aparecer una co-linealidad, entonces se deberá usar la variable que tiene el mayor impacto sobre el consumo de energía y se deberá mantener constante la otra variable.

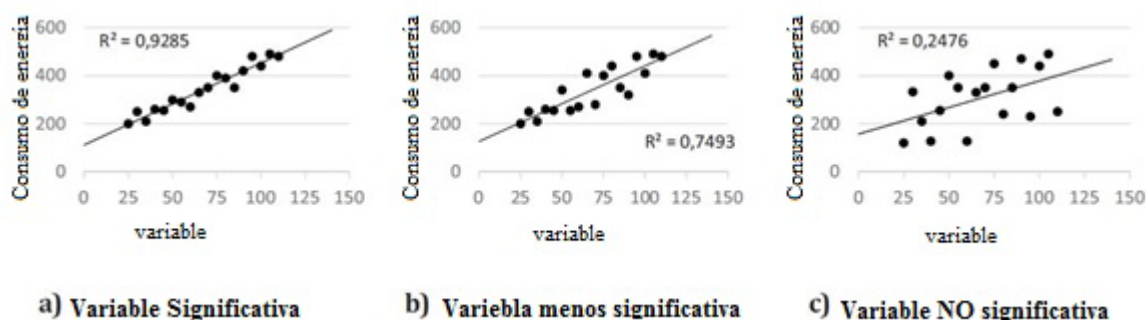


Figura 5) Variables con diferentes niveles de significancia (6)

A continuación se mencionan algunos ejemplos de variables, relacionadas con los procesos de refinación de petróleo, que impactan en el consumo de energía (4):

- *Nivel de producción*, esta es una de las variables que surge de manera casi inmediata en la etapa de identificación y es válida tanto para los índices globales como para los IDEn por planta.
- *Reprocesos*, los cuales pueden ser muy diferentes entre distintos períodos de tiempo.

- *Merms* (entiéndase por merms a las de productos por la existencia de fugas, emisiones fugitivas, y fundamentalmente quema de gases en antorcha, etc.), estas también pueden ser distintas cuando se comparan diferentes períodos de tiempo y en algunos casos depende de las campañas de mantenimiento o de variables externas como la temperatura ambiente.
- *Amplitudes térmicas o estacionalidad*, en algunos casos estas variables pueden afectar los modos de operación de determinados equipos y/o generar una variabilidad en las merms de producción. Las variables climáticas suelen tener impactos significativos en el sector de utilities, los cuales se ven reflejados en forma indirecta en el consumo de todo el complejo.

Seguidamente se deben definir y cuantificar los factores estáticos, los cuales afectan al desempeño energético pero no cambian de manera rutinaria, dichos factores deben ser analizados para comprobar si los mismos están siendo bien considerados como un factor estático o realmente se comportan como una variable relevante (6). En algunas refinerías, *el tipo de crudo procesado* puede ser considerado como un factor estático debido a que la calidad del mismo impacta en el consumo de energía pero los cambios en el tipo de materia prima (MMPP) no son rutinarios. Aun en el caso extremo de una refinería que dependa exclusivamente de crudos importados del mercado spot, seguramente se podrá acotar la calidad de la carga en dos o tres “canastas típicas” y la calidad se puede manejar como un factor estático.

Se debe dejar claramente registrado las condiciones de estos factores estáticos al momento de establecer los IDEn y la/s LB.

Se debe especificar la información a recolectar para cada IDEn y su correspondiente LB. La concentración de información debe incluir las fuentes de energía, las variables relevantes y los factores estáticos.

En esta etapa puede detectarse falta de datos de proveedores de energía, de variables relevantes o de algunos usos de energía específicos, en estos casos la refinería puede determinar un criterio para la incorporación de mediciones, sensores etc. En general se suele tener en cuenta la significancia del uso de la energía en relación con el límite de un IDEn o cuando la oportunidad de mejora es suficientemente alta. Cuando se usan valores estimados o inferencias para calcular los IDEn y su correspondiente LB, se debe documentar los supuestos y métodos utilizados.

También puede darse el caso de que los datos recolectados son incompatibles, por ejemplo por estar registrados en diferente frecuencia de tiempo. En tal caso se pueden agregar o desagregar de manera de poder alinearlos. Lo ideal es poder medirlos en el mismo momento y con la misma frecuencia.

El período de recolección de datos y la frecuencia deberán ser definidas de manera tal de poder capturar las condiciones de operación y proveer una adecuada cantidad de datos para realizar un análisis. La frecuencia de recolección de información en general suele ser más alta que la frecuencia que se utiliza en los reportes, esto se debe a la necesidad de comprender y analizar el impacto de las variables relevantes en el consumo de energía. En la mayoría de los procesos de refinería podría tomarse una base horaria para recolección de información (si estuviera disponible on line) y una base diaria para los reportes y la oscilación de los valores no sería muy amplia si estuviéramos frente a una operación estable. En cambio, en algunos procesos como por ejemplo el coker o cracking térmico, que poseen operaciones discontinuas como el corte de carbón, sería más apropiado que la frecuencia del cálculo de los IDEn esté alineada con un ciclo completo de una de las cámaras.

💧 Identificación de IDEn

Esta etapa involucra la identificación de los usuarios de los IDEn, en la cual el tipo y complejidad de los indicadores deben ser adaptados a las necesidades de los diferentes usuarios, y determinación de las características específicas del desempeño energético a cuantificar (6).

Para que la gestión de la energía se introduzca en la gestión diaria y cuente con el involucramiento del personal, es necesario definir diferentes indicadores de acuerdo a la estructura de la organización que realizará el monitoreo y seguimiento de los mismos, teniendo en cuenta la responsabilidad en la gestión de la energía designada por la organización (4) (6).

- A nivel dirección se deberán definir pocos valores macro que sean representativos del desempeño energético de toda la organización y/o de sus principales unidades o fuentes de consumo. Ejemplos: EII, consumo específico global (corregido por nivel de conversión y utilidad de las unidades).
- A nivel áreas o unidades de proceso o servicio, como nivel intermedio, el límite se define alrededor de una planta y/o conjunto de plantas. Se recomienda manejar indicadores claves que sean representativos de la eficiencia energética de la operación y cuya variación impacte sobre los indicadores macro mencionados anteriormente. Los IDEn más comunes para este rango son: consumo específico por unidad (planta) y/o conjunto de unidades (complejo), consumo específico por fuente (combustible, vapor y electricidad), eficiencias de equipos claves, etc.
- A nivel operativo (operadores, supervisores) el límite se define generalmente alrededor del perímetro físico de equipo cuyo consumo de energía es significativo. Se recomienda seleccionar aquellas variables críticas que impactan en el consumo de energía y que intervienen en el cálculo de los indicadores de su nivel superior. Ejemplos: eficiencias de hornos y calderas, relaciones de reflujo vs carga, vapores de stripping, caudal de vapor a reboiler vs temperatura de plato sensible, etc. En este nivel es importante transmitir a los operadores qué acciones operativas concretas impactan en los indicadores seleccionados.

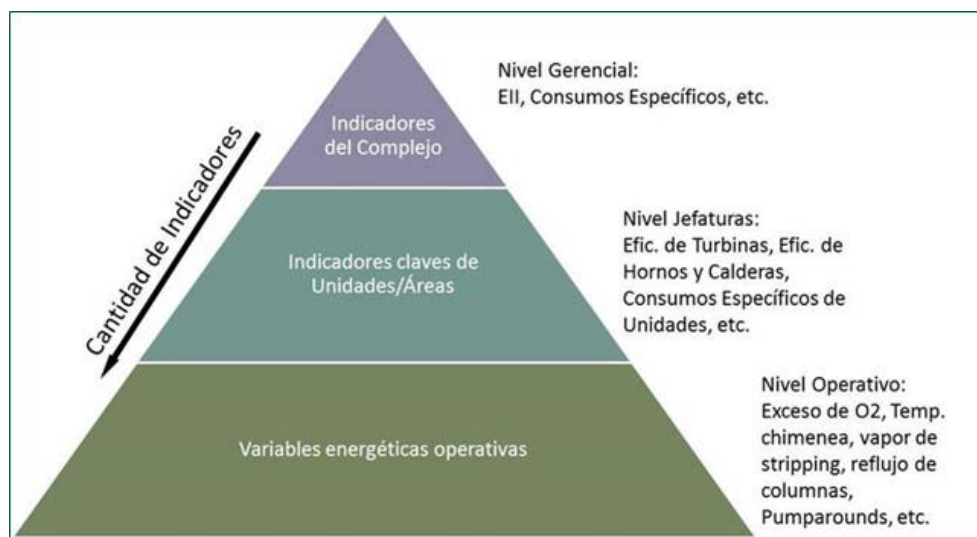


Figura 6) Ejemplos de indicadores para cada uno de los niveles de la organización planteados (4)

A modo de ejemplo, a continuación se presentan algunos indicadores típicos del sector refinación (7) (4).

- Consumo de energía real (CER): es un indicador que utiliza los datos de consumos y mermas de la refinería. Las mermas se determinan por balance de materia, el cual tiene en cuenta la materia prima procesada (MMPP), mediante la siguiente ecuación:

$$t_{\text{mermas}} = MMPP_{\text{procesada}} - \text{Consumos de Hidrocarburos} - \text{Productos}$$

El cálculo del indicador se expresa en toneladas de Fuel Oil Equivalente (FOE) y se calcula mediante la suma de los datos antes mencionados.

$$\text{Consumo de Energía Real} = t_{\text{consumos}} + t_{\text{mermas}}$$

- Consumo de energía teórico (CET): este indicador es similar al anterior en la estructura de cálculo y unidades, pero para su estimación utiliza datos considerados de referencia como pueden ser el año anterior, datos de un año particular (considerado como el mejor año operativo, año de la LB, etc.)

$$\text{Consumo de Energía Teórico} = (t_{\text{consumos}} + t_{\text{mermas}})_{\text{período de referencia}}$$

- Índice de consumos y mermas (ICM): es un indicador de consumos específicos de la refinería y se define de la siguiente manera:

$$ICM = \frac{(t_{\text{consumos}} + t_{\text{mermas}})}{t_{MMPP}}$$

Este índice se expresa en unidades de t FOE/t MMPP procesada y tiene en cuenta, además de la energía consumida en toda la refinería, las mermas de producto mencionadas anteriormente.

NOTA: por lo general, además de los IDEn agregados que se mencionan arriba (CER, CET y ICM), se llevan indicadores en forma desagregada, uno para consumos y otra para mermas. Esto sirve para trabajar y gestionar aquel que tenga mayor impacto en el consumo global.

- *Otros indicadores* tienen en cuenta la complejidad de las instalaciones, sobre todo a la hora de compararse con otras refinerías sean o no de la misma empresa. Estos tienen en consideración que las operaciones de refino están relacionadas con el grado de conversión, correlacionando el consumo de energía con la complejidad de la refinería evaluada.

💧 **Establecimiento de la/s LB**

La construcción de una línea de base energética se hace en función de un periodo de tiempo específico, por ende esta debe actualizarse cuando deja de ser representativa como base de referencia para comparar el desempeño energético. Dicho período va a estar afectado por variables, internas o externas al proceso, que impactan sobre el consumo de energía.

Determinar el período de LB adecuado tiene en cuenta la naturaleza de las operaciones involucradas, deberá definirse un período de tiempo tal que asegure que la variabilidad de las

condiciones de operación son tenidas en cuenta, además deberá tener una duración suficiente para capturar las variaciones de las variables relevantes, como por ejemplo: la producción.

En esta etapa, también se debe determinar y chequear las LB. Es recomendable realizar un chequeo de validación de las LB para asegurar que las mismas son una referencia apropiada para comparación.

En los casos en los que se utilizan modelos, la validación de las LB se puede realizar mediante modelos estadísticos y en tales casos se deben registrar los resultados.

💧 **Usos de IDEn y LB**

Es importante determinar cuándo es necesario normalizar, la cual surge cuando se quiere comparar el desempeño energético entre dos períodos diferentes bajo condiciones equivalentes. La normalización se realiza usando las variables relevantes, que en el caso más sencillo, puede ser un cociente entre el consumo de energía y la variable relevante como por ejemplo el consumo de energía específico (energía total consumida en tFOE respecto de la carga procesada en una determinada base de tiempo, por ejemplo: barriles por día). Pero cuando se tienen múltiples variables se debe usar el modelo que describe la relación entre el consumo de energía y las variables relevantes (6).

Los IDEn y las LB sirven para calcular las mejoras del desempeño energético. Se compara el desempeño energético con los objetivos y metas y en base a los resultados obtenidos se toman acciones específicas. Sirve para realizar un expos que permita corregir o ratificar el rumbo de las acciones de mejora.

Para comunicar cambios en el desempeño energético, suelen utilizarse los IDEn y las LB, de manera tal de presentar la información en función de las necesidades de los diferentes usuarios.

💧 **Mantenimiento y ajuste de los IDEn y la/s LB**

Esta etapa tiene lugar cuando se dan cambios en el consumo de energía, en el uso de la energía y/o en la eficiencia energética de las instalaciones, procesos o equipos que pueden afectar las variables relevantes. Cuando los IDEn y las LB dejan de ser representativos, se deben cambiar o desarrollar nuevos indicadores o hacer ajustar en las líneas de base.

Para demostrar que los IDEn y las LB son apropiadas se pueden comparar los valores de la línea de base de las variables relevantes, en las mismas condiciones del período bajo análisis, para ver si se encuentra dentro del rango estadístico de validez. Otra forma es identificar cambios mayores en los factores estáticos, los cuales pueden invalidar el cálculo del desempeño energético bajo condiciones equivalentes.

Se debe registrar regularmente las revisiones del método empleado en la determinación y actualización de los IDEn y sus correspondientes LB.

2.3. Medición y Verificación

Este tema es abordado en el marco de la norma ISO 50.015 (publicada en diciembre de 2014) y versa sobre *la medición y verificación de la eficiencia energética de las organizaciones* - Principios generales y orientación (8). Sirve para la etapa de implementación (cuando se está definiendo como

se va a medir y verificar). Una vez implementado el sistema sirve para la mejora y mantenimiento de esta etapa del ciclo de mejora continua.

Esta norma establece los principios y directrices generales para el proceso de medición y verificación (M&V) de la eficiencia energética de una organización o de sus componentes. La misma puede ser utilizado independientemente, o en combinación con otras normas o protocolos, y se puede aplicar a todos los tipos de energía.

El proceso de M&V se estructura en seis etapas, las cuales el primer paso consiste en establecer y documentar el plan de V&M, este es un procedimiento que describe como debe ser realizada cada fase de la medición y verificación.

La fase de implementación se inicia con la recopilación de información, la cual se rige por un plan específico para esta tarea y donde se especifican aspectos tales como el nombre de la variable, la fuente de información, la calidad del dato, frecuencia, tipo de medición etc. A continuación se verifica la implementación de cualquier acción de mejora del desempeño energético (AMDE) y busca demostrar que la AMDE ha sido implementada de manera apropiada.

Luego, se realiza un análisis de resultados de la medición y verificación de la/s acciones de mejora, el que suele incluir el cálculo de la LB de acuerdo con el plan de M&V. En esta instancia puede necesitarse información adicional para completar el análisis y validar o no los resultados de la mejora. Una vez cumplida esta etapa, se está en condiciones de realizar el reporte de resultados del proceso y documentarlo, a intervalos definidos preestablecidos y en total concordancia con los objetivos y propósitos en el plan de M&V.



Figura 7) Etapas principales del proceso de M&V (8)

El propósito de la M&V es dar confianza a las partes interesadas de que los resultados informados son creíbles. Esta norma es de mucha relevancia en la medida que las ESEs (Empresas de Servicios Energéticos) se desarrollen en la región y logren trabajar junto a las refinerías bajo el modelo de contratos por desempeño.

2.4. Otras normas de la serie

La ISO 50.004 (9), publicada en diciembre de 2014, es una *guía* que proporciona una orientación práctica y ejemplos para que una organización pueda llegar a su implementación de un SGE de una manera exitosa. Sirve para *establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la*

energía de acuerdo con el enfoque sistemático de la norma ISO 50.001. Presenta la definición de estos requerimientos e indica al usuario qué hacer para satisfacerlos. Al igual que otros estándares internacionales, se define el qué, pero no el cómo hacerlo. El objetivo general es ayudar a establecer las metodologías y los enfoques necesarios para la adecuada implementación de un SGE.

Es aplicable a cualquier organización, independientemente de su tamaño, tipo, ubicación o nivel de madurez.

Esta norma se puede adoptar como documento de referencia en cualquier momento en el que se encuentre la organización, hayan o no certificado y hasta incluso en el caso de que la organización decida implementar un SGE por fuera de la norma ISO 50.001.

La *ISO 50.003* (10), publicada en octubre de 2014, es una guía específica de aplicación exclusiva a los organismos de certificación. Especifica los requisitos para la competencia, la coherencia y la imparcialidad en la auditoría y certificación de sistemas de gestión de energía de organismos que prestan estos servicios. Esta norma busca complementar los requisitos existentes en la ISO17.021 (sobre Evaluación de la conformidad – Requisitos para los organismos que realizan la auditoría y la certificación de sistemas de gestión), aborda el proceso de auditoría, requisitos de competencia para el personal que participa en el proceso de certificación de sistemas de gestión de la energía, la duración de las auditorías y toma de muestras de varios sitios.

A la fecha de publicación de este trabajo, el comité internacional ISO TC 242 sobre gestión de energía se encuentra trabajando en el desarrollo de otras dos normas complementarias (aún no publicadas).

- ISO 50.007: Las actividades relacionadas con las Directrices de servicios energéticos para la evaluación y mejora del servicio a los usuarios. Podría ser de utilidad para las organizaciones, a exigir a sus proveedores de servicios energéticos.
- ISO 50.008: propone un enfoque sistémico para evaluar el uso de la energía, el consumo de energía, la eficiencia energética y otros factores utilizados para *gestionar la energía de edificios*.

3. Conclusiones

Si bien la implementación de un SGE requiere de un esfuerzo inicial por parte de toda la organización, en el caso particular de las refinerías, debido a que por lo general cuentan con otros sistemas de gestión como calidad y medio ambiente y que además poseen herramientas de monitoreo de las operaciones, muchas veces el esfuerzo es menor comparado con los beneficios que trae aparejados. Un SGE permite gestionar de manera sistemática el desempeño energético y sobre todo mantener en el tiempo las mejoras alcanzadas. Tiene asociados externalidades positivas como la reducción de costos operativos, reducción de emisiones de GEI, etc. que dinamizan y multiplican el interés por esta norma a lo que se suma el hecho de que se evidencian beneficios en el corto plazo. El sector refinación no está ajeno a esta interpretación, empresas como la refinería *La Rábida* del grupo CEPSA (Huelva – España) y las refinerías de Repsol de *La Coruña*, *Cartagena* y *La Pampilla*, entre otras, ya han certificado la norma ISO 50.001.

Al momento de desarrollar un SGE suelen aparecer interrogantes y dudas que deben ser sorteadas para llegar a la implementación de manera exitosa. Las normas desarrolladas en este documento son

guías y herramientas complementarias, no son normas certificables como la ISO 50.001. Pero todas ellas buscan el fortalecimiento de los Sistemas de Gestión de la Energía y este trabajo, a través de la difusión de las herramientas a utilizar cuando se pretende el establecimiento, implementación, mantenimiento y/o mejora de los SGE, busca agregar valor explicando su contenido e interpretándolo a través de ejemplos concretos y a la vez específicos del sector refinación.

A la fecha de publicación del presente trabajo varias de las normas desarrolladas no habrán llegado al año de su publicación, es por esto que además de ser una aporte novedoso pone en evidencia los beneficios de utilizar estos nuevos instrumentos.

4. Bibliografía y Referencias

1. **ISO.** ISO. [En línea] junio de 2011. [Citado el: 1 de julio de 2011.] http://www.iso.org/iso/iso_50001_energy-es.pdf.
2. **LA EFICIENCIA ENERGÉTICA ENMARCADA EN UN SISTEMA DE GESTIÓN. Afranchi, Andrea y Heins, Andrea.** 1, Buenos Aires : IAPG, abril de 2014, Vol. LV. ISSN 0031-6598.
3. **ISO.** Norma ISO 50.002 - Auditorías energéticas. Ginebra : ISO, 2014. ISO/FDIS 50002:2014.
4. *Eficiencia Energética en Refinerías de Petróleo.* **Heins, Andrea.** Buenos Aires : IAPG, 2013.
5. **ISO.** Norma ISO 50.001 - Sistemas de gestión de la energía . Ginebra : ISO, 2011. ISO 50001:2011.
6. **ISO.** Norma ISO 50.006 - Medición del desempeño energético usando línea de base energética e indicadores del desempeño energético. Ginebra : ISO, 2014. ISO/FDIS 50006:2014.
7. **ARPEL.** Asociación Regional de Empresas del sector Petróleo, Gas y Biocombustibles en Latinoamérica y el Caribe. [En línea] febrero de 2013. [Citado el: 18 de marzo de 2013.] <https://arpel.org/>.
8. **ISO.** Norma ISO 50.015 - Medición y verificación del desempeño energético de las organizaciones. Ginebra : ISO, 2014. ISO/FDIS 50015:2014.
9. **ISO.** Norma ISO 50.004 - Guía para la implementación, mantenimiento y mejora de un sistema de gestión de la energía. Ginebra : ISO, 2014. ISO/FDIS 50004:2014.
10. **ISO.** Norma ISO 50.003 - Requisitos para organismos de auditoría y certificación de sistemas de gestión de la energía. Ginebra : ISO, 2014. ISO/ 50003:2014.

5. Breve CV de los autores

Andrea Afranchi

Ingeniera Química de la Universidad de Mar del Plata. Cuenta con 17 años de experiencia en análisis de procesos, auditorías, y temas de eficiencia energética y cambio climático. Durante 13 años desarrolló su carrera profesional en YPF, en el ámbito de ingeniería de procesos y evaluación de proyectos, en la Dirección de Química. Entre 2010 y 2012 se desarrolló como consultor

independiente en temas de energía, eficiencia energética y cambio climático, prestando servicios tanto para el sector público como privado. En 2012 fundó Energy Performance, donde se desempeña en la dirección técnica, realizando estudios de eficiencia energética, diagnósticos energéticos, implementación de sistemas de gestión de la energía, cambio climático y capacitación. En 2013 obtuvo la certificación de IRCA (International Register of Certificated Auditors) como auditor líder de la Norma ISO 50.001 de Sistemas de Gestión de la Energía.

Es instructora del IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación) e integra la Subcomisión de Gestión Energética. Participa también de la Comunidad de Líderes Energéticos del CACME (Comité Argentino del Consejo Mundial de Energía) coordinando el grupo de eficiencia energética. Es docente de grado y posgrado en temas relacionados con su expertise.

Andrea Heins

Ingeniera Química de la Universidad de Buenos Aires. Cuenta con 17 años de experiencia en procesos de refinación, petroquímica, procesamiento de Oil&Gas y temas de eficiencia energética. Durante 14 años desarrolló su carrera profesional en YPF, en el ámbito de ingeniería de procesos y gestión de proyectos, en las Direcciones de Tecnología e Ingeniería. En 2012 fundó Energy Performance, donde se desempeña en la dirección general de la empresa y como consultora en procesos y energía, realizando estudios de eficiencia energética, diagnósticos energéticos, implementación de sistemas de gestión de la energía y capacitación.

En 2013 obtuvo la certificación de IRCA (International Register of Certificated Auditors) como auditor líder de la Norma ISO 50.001 de Sistemas de Gestión de la Energía.

Desde el 2012 es instructora y miembro activo de la Comisión de Refinación y Subcomisión de Energía del IAPG (Instituto Argentino del Petróleo y del Gas). Participa también de la Comunidad de Líderes Energéticos del CACME (Comité Argentino del Consejo Mundial de Energía) y del grupo de Optimización Energética de ARPEL.