

Implementación de un sistema
de Gestión de la Energía
Guía con base en la norma ISO
50001

segunda versión

Implementación de un sistema de Gestión de la Energía

Guía con base en la norma ISO 50001:2018

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA

GUIA CON BASE EN LA NORMA ISO 50001

Segunda Edición

RED COLOMBIANA DE CONOCIMIENTO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA - RECIEE

Omar Fredy Prias Caicedo - Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá

Juan Carlos Campos Avella - Universidad del Atlántico

David Bernardo Rojas Rodríguez – Universidad Nacional de Colombia

Adriana Palencia Salas – Universidad del Atlántico

Revisión:

Rosaura Castrillón - Universidad Autónoma de Occidente

Financiación segunda edición:

Programa de Eficiencia Energética Industrial en Colombia (EEI-Colombia):

- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME):

Carlos García Botero – Subdirector de Demanda

Olga Victoria Gonzalez Gonzalez – Asesora Subdirección de Demanda, Líder Técnico Programa EEI Colombia

- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI):

Marco Manteini – Director Unidad de Eficiencia Energética Industrial

Ricardo Baquero – Coordinador Técnico Programa EEI Colombia

Primera edición, 2013

Segunda edición, 2019

ISBN 978-958-761-597-5

Índice

Introducción.....	11
CAPITULO I: Evolución y Estructura de los Sistemas de Gestión de la Energía,.....	13
1.1 Estructura de un sistema de gestión de la energía	14
1.2 Análisis de capacidades y preparación para la implementación de un SGE.....	15
CAPITULO II: Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía	17
A. Contexto de la organización.....	17
2.1 Identificación de las partes interesadas y requisitos relacionados con el desempeño energético	18
2.2. Determinación del alcance del Sistema de Gestión de la Energía	20
B. Liderazgo del SGE.....	22
2.3. Política energética.....	22
2.4. Asignación de roles, responsabilidades y autoridades para el SGE.....	24
C. Planificación del Sistema de Gestión de la Energía.....	27
2.5. Revisión energética	28
2.6. Variables relevantes y factores estáticos	37
2.7. Líneas de base energética e indicadores de desempeño energético	42
2.8. Utilización de los Indicadores de desempeño energético para medir cambios en el desempeño energético.....	56
2.9. Objetivos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía.....	66
2.10. Planificación para la recopilación de datos de energía.....	70
D. Elementos de apoyo del SGE.....	72
2.11. Competencia y toma de conciencia.....	72
2.12. Comunicación	77
2.13. Información documentada	79
E. Operación de un SGE	83
2.14. Control operacional y mantenimiento en función del desempeño energético.	83

2.15.	Diseño y adquisiciones bajo consideraciones de desempeño energético	92
F.	Evaluación del desempeño energético y del SGE	98
2.16.	Seguimiento medición y análisis para evaluar el desempeño energético y del SGE 98	
2.17.	Auditoría interna del Sistema de Gestión de la Energía	103
2.18.	Revisión por la dirección.....	105
G.	Mejora continua del SGE y tratamiento de no conformidades.....	107
CAPÍTULO 3.	Estudios de caso	111
A.	Caso de estudio 1: Implementación de un SGE en NEXANS, empresa de cables para el sector eléctrico	111
B.	Caso de estudio 2: Implementación de un Sistema de Gestión Energética en una empresa del sector petroquímico	120
ANEXO 1.	INCENTIVOS TRIBUTARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA	128
ANEXO 2.	Familia de normas ISO 50000.....	131
BIBLIOGRAFÍA	134

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplo de identificación de requisitos legales.....	19
Tabla 2. Ejemplo formato de censo de cargas.....	33
Tabla 3. Ejemplo de registro de las características clave de un USE en una planta de beneficio de pollos.....	35
Tabla 4 oportunidades de mejora dirigidas al control de variables relevantes en un generador de vapor	39
Tabla 5 Ejemplos de variables relevantes para diferentes Usos Significativos de Energía.....	39
Tabla 6. Registros históricos de producción, temperatura de carbonatación y consumo de energía utilizados para la realización de la línea de base energética multivariable.....	50
Tabla 7. Ejemplo Ficha de Línea base Univariable	52
Tabla 8. Cálculo de producción equivalente para el proceso de fabricación de varillas de acero	55
Tabla 9 Indicadores Típicos, ventajas y desventajas.....	57
Tabla 10 Ejemplo de ficha técnica del indicador.....	65
Tabla 11. Aplicación de la metodología SMART a las metas energéticas	67
Tabla 12 Formato de Plan de Acción	67
Tabla 13 Ejemplo de matriz de capacitaciones.....	74
Tabla 14 Ejemplo de identificación de roles y requerimientos de formación	75
Tabla 15. Ejemplo de matriz de comunicaciones	78
Tabla 16 Ejemplo establecimiento de criterios de control en un sistema de bombeo	84
Tabla 17. Ejemplos de variables relevantes relacionadas con la operación y el mantenimiento	87
Tabla 18 Formato de identificación de Variables de control del mantenimiento	87
Tabla 19 Formato de Control operacional en situaciones de contingencia	88
Tabla 20 Protocolo de pruebas con valores recomendados	91
Tabla 21. Definición de los Usos significativos de la energía para la empresa.....	114
Tabla 22. Parámetros de la ecuación de línea de base multivariable	114
Tabla 23. Acciones de eficiencia y gestión de la energía contempladas dentro del alcance de los incentivos tributarias (res 463- 2018 UPME).....	130

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Modelo del SGE. Fuente: Adaptado de la NTC:ISO 50001:2019	14
Ilustración 2. Roles y responsabilidades claves del SGE.....	24
Ilustración 3. Ejemplo de equipo de gestión de la energía en una empresa del sector cerámico	26
Ilustración 4. Esquema de la planificación del SGE.....	27
Ilustración 5. Esquema de una revisión energética. Adaptado de Metodología para la planificación energética a partir de la norma ISO 50001.....	28
Ilustración 6. Ejemplo de matriz energética y matriz de costos energéticos	29
Ilustración 7 Ejemplo de diagrama energético productivo elaborado a través de un diagrama de Sankey.....	30
Ilustración 8. Gráfica de seguimiento al consumo en el tiempo.....	31
Ilustración 9. Gráfica de seguimiento al consumo y producción en el tiempo	32
Ilustración 10. Ejemplo análisis de correlación lineal entre energía vs producción	32
Ilustración 11 Ejemplo de diagrama de Pareto.....	34
Ilustración 12. Esquema de medición de la mejora del desempeño energético mediante los IDE y la LBE (adaptado de la NTC:ISO 50006)	42
Ilustración 13. Elementos de una línea de base energética univariable	48
Ilustración 14. Ejemplo de una línea de base energética univariable para una planta del sector cerámico	48
Ilustración 15. Diagrama energético-productivo del proceso de fabricación de varillas de acero	53
Ilustración 16. Estimación de la LBE en el proceso de fabricación de varillas de acero, tomando como producto las varillas al final del proceso	54
Ilustración 17. Estimación de la línea de base de energía en el proceso de fabricación de varillas de acero – producción equivalente.....	56
Ilustración 18 Descripción gráfica del IB100.....	60
Ilustración 19 Registro y seguimiento del Indicador Base 100.....	60
Ilustración 20 Gráfico tendencia acumulada del desempeño energético	62
Ilustración 21 Ejemplo árbol de IDE	65
Ilustración 22. Ejemplo de línea meta en un proceso de inyección	70
Ilustración 23. Esquema de actividades de apoyo	72
Ilustración 24 Necesidades de comunicación de un SGE.....	77
Ilustración 25. Ejemplo de un Reporte de desempeño Energético	79
Ilustración 26. Actividades de operación del SGE	83
Ilustración 27 Ejemplo de Control Operacional en una estación de Bombeo	84
Ilustración 28 Ejemplo Control Operacional	89
Ilustración 29 Relación consumo de Gas y producción del horno.....	89
Ilustración 30. Grafico de control de funcionamiento de un chiller.....	101
Ilustración 31. Ejemplo de registro del seguimiento, medición y análisis de medida de control operacional de control de purgado de una caldera de vapor, mediante indicador de tendencia de consumos.....	102

Ilustración 32. Ejemplo de mejora análisis de mejora del desempeño energético usando el indicador de tendencia de consumos.....	102
Ilustración 33. Diagrama de Pareto de consumos por área Caso de Estudio 1.....	113
Ilustración 34. Diagrama de Pareto de consumo por por equipos , caso de estudio 1	113
Ilustración 35. Ecuación de la línea de base energética obtenida mediante el método de producción equivalente	116
Ilustración 36. Plan de mantenimiento	117
Ilustración 37. Ficha de identificación de fugas desarrollada en el marco del SGEN	118
Ilustración 38 Diagrama energético- Productivo	120
Ilustración 39 Diagrama de Pareto de consumidores de EE	121
Ilustración 40 Esquema de Medición	122
Ilustración 41 LB de una de las plantas de la organización e Indicadores propuestos	122
Ilustración 42 Ejemplo reportes energéticos.....	124
Ilustración 43 Una de las páginas de Gaceta energética.....	124
Ilustración 44 Variables de control por proceso	125
Ilustración 45 Verificación diaria y mensual por USE	125
Ilustración 46. Esquema de normas del Comité ISO TC 301, Ahorros energéticos y gestión de la energía. Elaboración propia	132

SIGLAS Y ABREVIATURAS

IC: Índice de consumo

IDE(s): Indicador(es) de desempeño energético

ISO: Organización Internacional de Normalización

LBE(s): Línea(s) de base energética

PHVA: Planear, hacer, verificar, actuar

SGE: Sistema de Gestión de la energía

MME: Ministerio de Minas y Energía

MADS: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

MJ: Mega Julios

NTC: Norma Técnica Colombiana

SGA: Sistema de Gestión ambiental

SGC: Sistema de Gestión de la Calidad

SIG: Sistema Integrado de Gestión

SISO: Seguridad industrial y Salud Ocupacional

USEs: Uso(s) significativo(s) de energía

Introducción

Los nuevos contextos de la transición energética, con la incorporación de las fuentes renovables en la matriz energética y el impulso a la gestión eficiente de la energía como parte de la respuesta a la demanda, están cambiando los escenarios de participación del usuario final en la cadena energética.

Bajo este panorama, las empresas y los consumidores finales adquieren un rol activo con oportunidades de interactuar con los sistemas energéticos desde la fuente hasta el uso útil de la energía, como autogeneradores, cogeneradores, vendiendo excedentes y participando del mercado energético nacional. Adicionalmente, los compromisos ambientales de los países a nivel mundial para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, GEI, están generando políticas y programas para reducir el consumo de los combustibles fósiles, mediante acciones de eficiencia energética y gestión de la energía.

En el ámbito nacional, este contexto se refleja en la ley 1715 de 2014, el Plan de Acción Indicativo (PAI) del PROURE para el periodo 2017-2022 y el Plan de Gestión Integral de Cambio Climático (PGICC-2018), además de otros retos consignados en el Plan Nacional de Desarrollo (Ley 1955 de 2019) y en la Política de Crecimiento Verde (Conpes 3934 de 2018).

Este escenario exige nuevas capacidades y herramientas para realizar gestión de la energía tanto al interior de sus procesos como también en su interacción con los sistemas y mercados energéticos.

Dentro de este contexto, los Sistemas de Gestión de la Energía (SGE) se han posicionado como una metodología que permite alinear de forma efectiva las capacidades organizacionales con las oportunidades generadas por el entorno, por lo cual se vienen constituyendo desde el año 2011, como el nuevo enfoque de la eficiencia energética en ámbitos organizacionales.

En un SGE interactúan las tecnologías, los procesos y los recursos humanos, en los diferentes niveles de la organización para lograr una mejora continua del desempeño energético. El enfoque involucra responsabilidades específicas que incluyen las partes interesadas, así como la construcción de indicadores de desempeño energético que permitan evaluar la mejora de la organización en función de una línea de base energética y los planes de acción establecidos. Dado su carácter transversal y su rol como facilitadores de otras iniciativas en eficiencia

energética, los SGE hacen parte de las estrategias para el sector manufacturero planteadas por el PAI PROURE 2017-2022.

Trayectoria nacional en Sistemas de Gestión de la Energía

Colombia ha desarrollado una experiencia y trayectoria de gran impacto en el área de gestión de la energía con una cobertura nacional desde una estrategia Universidad-Empresa-Estado. A través de este proceso se han consolidado capacidades en I+D+i y se han implementado SGE especialmente en industrias, termoelectricas, y universidades. La trayectoria ha contado con un amplio apoyo de actores claves, como Colciencias, la UPME, GEF y ONUDI, y recursos de contrapartida de las empresas beneficiadas y de las universidades de la Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética, RECIEE.

Entre el 2016 y el 2019 se adelantó el Programa de Eficiencia Energética en la Industria Colombiana, EEI-Colombia, liderado por ONUDI y la UPME, en donde se promovió la implementación de Sistemas de Gestión de la Energía, bajo la NTC ISO 50001, en empresas de cuatro regiones del país: Boyaca, Cucuta, Bucaramanga y Eje Cafetero. La actividad fue ejecutada con el apoyo de la Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética, RECIEE bajo la dirección de la Universidad Nacional de Colombia y abarcó la realización de diplomados y asesoría en la implementación de SGE en 77 industrias y la generación de capacidades en universidades locales de las regiones mencionadas.

La presente guía se ha desarrollado como una herramienta para orientar a las organizaciones en la implementación de un SGE bajo los lineamientos de la ISO 50001 en su versión más reciente. El trabajo parte de una versión inicial de la guía realizada en 2013 que tomó como referente principal la experiencia del programa estratégico nacional Sistemas de Gestión Integral de la Energía (2010 - 2013, financiado por Colciencias y Empresas de Energía colombianas).

En la nueva versión se recogen los cambios de la norma ISO 50001 y se enriquecen los ejemplos, resultados y metodologías con el conocimiento ganado a través de los programas de consolidación de la Red RECIEE (desarrollado entre 2014 y 2018 con financiación de Colciencias) y el programa Eficiencia Energética en la Industria Colombiana EEI Colombia (ejecutado entre 2016 y 2019 por ONUDI y la UPME con fondos GEF). Este último programa resulta de especial importancia ya que permitió alinear la experiencia nacional con las metodologías y conocimiento de ONUDI en programas para la difusión de Sistemas de Gestión de la Energía adelantados en 22 países.

La presente guía permitirá la implementación, operación y mantenimiento de un SGE con impacto en la productividad de las organizaciones en general y especialmente en el sector industrial colombiano.

CAPITULO I: Evolución y Estructura de los Sistemas de Gestión de la Energía,

Los Sistemas de Gestión de la Energía son el resultado de la evolución de conceptos, enfoques y metodologías en el uso final de la energía, especialmente en el uso útil en los diferentes contextos, ámbitos y sectores en donde la energía se usa y se consume, pasando del ahorro y el uso racional de la energía a la eficiencia y el desempeño energético. Los nuevos enfoques, presentan relacionamientos con la producción, los servicios, el confort y la calidad de vida de las personas, es decir, energía que transforma materia prima en productos como ocurre en la industria o en servicios, como ocurre en hospitales, hoteles, centros comerciales y oficinas.

En el 2011 la Organización Internacional de Normalización, ISO elaboró una primera versión de la norma ISO 50001, *Sistemas de Gestión de la Energía Requisitos con Orientación para su Uso*, en la cual se recogió la experiencia internacional de mejores prácticas para la implementación, operación y mantenimiento de Sistemas de Gestión de la Energía.

En el 2018, contando con la retroalimentación de la implementación de la ISO 50001 a nivel mundial, la organización ISO expidió una actualización de la norma. El trabajo fue realizado por el Comité Técnico ISO/TC 301, Gestión y ahorro de la energía en el cual participa Colombia mediante el Comité Técnico Nacional, CTN 228. La nueva edición de la norma busca compatibilidad con normas de otros sistemas de gestión. Los cambios incluyen la adopción de la estructura de alto nivel de los sistemas de gestión, términos y definiciones comunes, mayor énfasis en el rol de la alta dirección, aclaraciones, específicamente en la “revisión energética”, normalización de los indicadores de desempeño energético, detalles en el plan de recopilación de datos, entre otros aspectos, que se adoptaron en la versión de la Norma Técnica Colombiana, NTC ISO 50001 (primera actualización) 2019.

En el presente capítulo se realiza una revisión general de la estructura y los conceptos relacionados con un Sistema de Gestión de la Energía bajo los lineamientos de la ISO 50001 y se analizan sus beneficios, para en los siguientes capítulos desarrollar las actividades y herramientas para su implementación, mantenimiento, y mejora.

1.1 Estructura de un sistema de gestión de la energía

La estructura de un sistema de gestión de la energía corresponde con los enfoques y actividades relacionadas con la implementación, operación y mantenimiento de un sistema de gestión de acuerdo con la metodología PHVA (*Planear, Hacer, Verificar, Actuar*) que permite integrar las mejores prácticas en la gestión de la energía en todos los ámbitos y niveles de la organización para la lograr la mejora continua del desempeño energético, tal como se describe en la **Ilustración 1**.

La versión actual de la NTC-ISO 50001 (versión 2019) se ajusta a los requisitos de ISO para las normas de los sistemas de gestión, incluyendo a las estructuras de alto nivel asegurando la compatibilidad superior con las normas de otros sistemas de gestión.

El propósito de un Sistema de Gestión de la Energía es la mejora continua del desempeño energético, que corresponde con los resultados cuantitativos que la organización puede lograr en materia de uso de la energía, consumos y eficiencia energética.

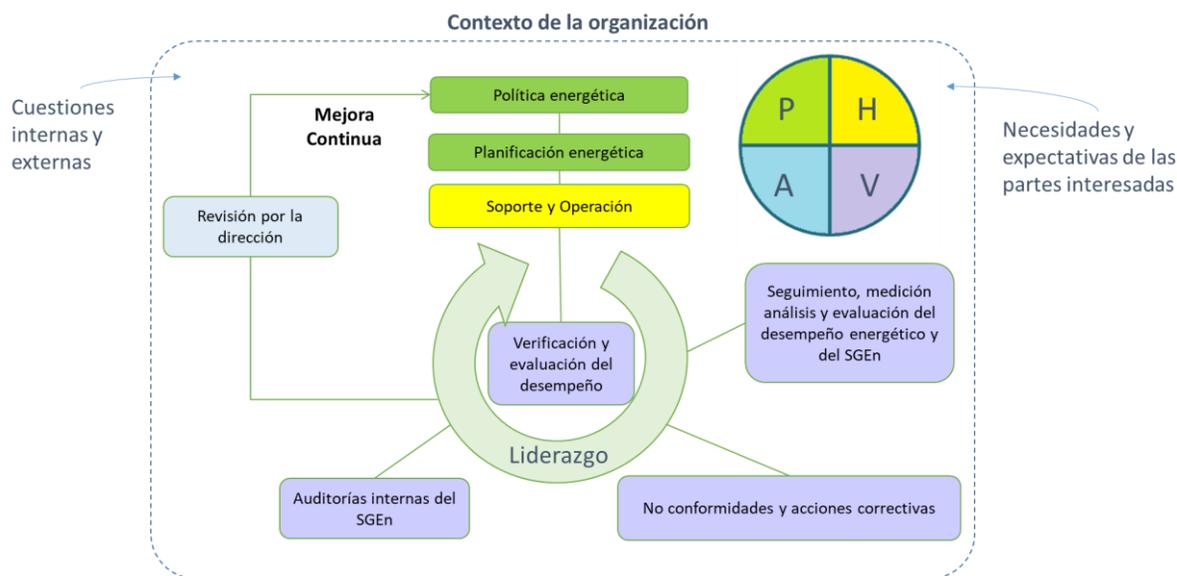


Ilustración 1 Modelo del SGE. Fuente: Adaptado de la NTC:ISO 50001:2019

Los beneficios e impactos de la implementación de un SGE se orientan en primer lugar al cambio e innovación organizacional y de la cultura propiamente dicha en relación a la gestión

de la energía. Esto se refleja en la incorporación de políticas, responsabilidades, procesos y procedimientos, para el seguimiento de indicadores de desempeño e identificación de oportunidades en el uso, el consumo y la eficiencia energética de la organización y el cumplimiento de metas.

La gestión de la energía se constituye en uno de los mayores potenciales de ahorro, mejora en la eficiencia y el desempeño con mayor impacto en el corto plazo y de baja inversión. En este contexto la gestión de procesos que se realiza normalmente para mejora de la calidad de los productos puede contribuir notablemente en la optimización de arranques, puesta en marcha de equipos y disminución de tiempos muertos y reprocesos que impactan en el consumo de energía por unidad de producto.

Uno de los aspectos de mayor impacto de la gestión de la energía en el sector industrial corresponde a mejoras en la productividad en función de la disminución de los costos de producción de acuerdo con la participación e intensidad de la energía en dichos costos. En el ámbito de los procesos productivos, la identificación de pérdidas de energía o ineficiencias energéticas no esperadas u ocultas en los procesos, como también la disminución del tiempo de detección y corrección de fallas que producen sobreconsumos energéticos, se constituyen en potenciales importantes de ahorro de energía con baja inversión e implementación a corto plazo.

El control operacional y el mantenimiento como variables fundamentales en un sistema de gestión de la energía en la industria, permiten identificar y actuar sobre el control de la variabilidad operacional de procesos y equipos, el incremento de la efectividad del mantenimiento, con impacto en el uso, el consumo y la eficiencia energética de una organización; así como también, en el diseño, la selección y adquisición de equipos y servicios con criterios de eficiencia energética que contribuyen notablemente en los beneficios e impactos de la organización.

1.2 Análisis de capacidades y preparación para la implementación de un SGE

El análisis de capacidades consiste en identificar y conocer el estado inicial, las condiciones, elementos, recursos y otros factores con los que cuenta una empresa para implementar, operar y mantener un SGE. En la etapa de análisis de capacidades y preparación para la implementación de un SGE, se identifican las fortalezas y necesidades de mejora de la empresa para la implementación de un sistema de gestión de la energía bajo los requisitos de la ISO 50001 y se generan recomendaciones de mejora.

Este análisis requiere de una caracterización energética, tecnológica y organizacional, mediante la recopilación de información histórica pasada y actual, la aplicación de

herramientas de evaluación de capacidades, diagnósticos de recorrido en las instalaciones de la organización y la identificación de oportunidades de mejora del desempeño energético.

El análisis de capacidades y la caracterización energética en general le permitirá a la organización definir el alcance de la implementación del SGE y su integración con otros sistemas. Incluso, la organización podría identificar que antes de iniciar la implementación del SGE requiere de un plan de fortalecimiento de capacidades en el que se evalúen aspectos organizacionales y operacionales. Dentro de este proceso la empresa debe tener en cuenta las capacidades de recopilación de información para lo cual será necesario considerar sistemas de medición, por ejemplo de consumos asociados a la producción en el caso de la industria o la curva de demanda para otro tipo de organizaciones.

Para la caracterización energética se requiere el levantamiento de la matriz energética de la empresa, el análisis de la demanda y de los consumos y usos finales de la energía, la identificación de áreas, procesos y equipos con uso significativo de la energía para la construcción del diagrama energético-productivo; como también, la identificación de las variables relevantes que afectan en forma significativa el desempeño energético e información para la formulación de los principales indicadores de desempeño energético y la construcción de la línea base energética utilizando información actual e histórica de consumo y producción en un periodo representativo de la operación.

Algunas de las capacidades organizacionales complementarias para la implementación de un SGE corresponden al análisis y evaluación de los sistemas de gestión de la organización (Ambiental, Calidad, SISO, entre otros) relacionados con su estado de madurez y nivel de integración; el diagnóstico de fortalezas y debilidades existentes para la gestión energética y la identificación de capacidades tecnológicas y de innovación para el desarrollo de proyectos de mejora del desempeño energético.

CAPITULO II: Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía

En el presente capítulo se explican los elementos de un sistema de gestión de la energía y se especifican las actividades que permiten desarrollarlos y mantenerlos de manera adecuada. El capítulo se estructura bajo siete subsecciones que agrupan las actividades de un sistema de gestión según el planteamiento de la NTC:ISO 50001-2019, siguiendo el ciclo de mejoramiento continuo PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar). En algunas subsecciones (por ejemplo, en la planificación del SGE) la información se presenta en un orden distinto al de la norma, buscando que refleje la manera en la que una organización implementa el SGE en la práctica.

Cada subsección presenta ejemplos de actividades, formatos u otras herramientas de apoyo para el SGE. Igualmente, al final de cada tema se presenta un listado de la información documentada relacionada con cada actividad, que facilitará evidenciar el funcionamiento del SGE y dar cumplimiento a los requisitos de la ISO 50001. Los ejemplos responden a experiencias reales de empresas colombianas.

A. Contexto de la organización

Al iniciar la implementación de un sistema de gestión de la energía, una organización debe analizar su contexto para entender los aspectos o cuestiones internas y externas que pueden afectar los resultados esperados sobre el desempeño energético y el sistema de gestión de la energía, identificar las partes interesadas relacionadas con el SGE y el desempeño energético y los requisitos adquiridos con estas partes.

Entender el contexto permite a la organización anticiparse a cambios que impacten sus resultados previstos, maximizar las oportunidades y minimizar las consecuencias negativas, facilitar la interacción con las partes interesadas y alinear el SGE con la planeación estratégica y la cultura organizacional para potenciar los resultados a alcanzar, así como generar insumos para la planificación y operación adecuada del SGE. Dado que las cuestiones internas y externas varían en el tiempo, la organización debe realizar revisiones periódicas de su contexto.

2.1 Identificación de las partes interesadas y requisitos relacionados con el desempeño energético

Las **partes interesadas** son organizaciones o personas que pueden afectar, ser afectadas o percibirse afectadas por la organización a través de una decisión o actividad, pueden ser internas a la organización, por ejemplo una división de la empresa, o externas, por ejemplo clientes, proveedores o entes reguladores. En el caso de un SGE, la organización debe determinar las partes interesadas que tienen establecidos requisitos relacionados con el desempeño energético o con los diferentes elementos del SGE o que son pertinentes para el desempeño energético y el SGE.

Como ejemplos de partes interesadas y sus respectivos requisitos relacionados con el desempeño energético encontramos:

- Clientes que requieren que la empresa demuestre la implementación de un SGE.
- La casa matriz de una organización, cuando exige el cumplimiento de estándares en eficiencia energética a la organización.
- Normas emitidas por entidades gubernamentales que pueden afectar el uso, consumo o eficiencia energética de la organización.
- Acuerdos relacionados con eficiencia energética pactados con clientes
- Compromisos voluntarios en el área de eficiencia suscritos con gremios, gobierno, empresas de energía o con otros actores de interés.
- Convenios de compra con proveedores de servicios y equipos que puedan afectar los indicadores de desempeño energético, las metas y otros aspectos del SGE.

La organización debe identificar la manera en que los requisitos legales y otros requisitos afectan su desempeño energético, establecer acciones para su cumplimiento y realizar un seguimiento periódico. En el ámbito legal, se debe evaluar periódicamente si existen normativas nuevas y reglamentos que deroguen o modifiquen alguna ya existente. En la evaluación se debe revisar que los requisitos sigan siendo pertinentes y, de ser así, que se estén cumpliendo. De lo contrario se plantearán acciones de mejora para garantizar un cumplimiento total de los requisitos.

Los requisitos legales aplicables y otros requisitos relacionados con la eficiencia energética, uso de la energía y consumo de energía deben ser accesibles a los miembros pertinentes de la organización. Se podrán conservar en medio físico o magnético, por ejemplo, en repositorios legales o nomogramas. Es importante que se comunique al personal pertinente la información de requisitos que puedan afectar el funcionamiento y desarrollo de las actividades en un proceso o área, con el fin de evitar incumplimientos, ineficiencias, tiempos perdidos, daños, sanciones, accidentes o incidentes de trabajo.

Las siguientes preguntas permitirán orientar el proceso:

- ¿Cómo se realiza la identificación de requisitos legales y otros aplicables?
- ¿Existe un responsable de la identificación de estos? ¿Quién?
- ¿Se conservan en la organización? ¿dónde? ¿en qué medio?
- ¿Se revisa el cumplimiento de los requisitos? ¿en qué intervalo de tiempo?
- ¿Se comunican los aspectos relevantes de la legislación al personal involucrado? ¿Cómo es este proceso?
- ¿Cómo se efectúa el proceso de comunicación, archivo y organización de la reglamentación cuando se deroga alguna resolución, se modifica o simplemente ya no es vigente?

En la Tabla 1 se muestra un ejemplo de seguimiento a requisitos legales aplicables en el que se registra el Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) y el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP), que son de obligatorio cumplimiento.

Cabe destacar que la normatividad aplicable puede asociarse a los distintos tipos de energía que tenga la empresa (gas, carbón, electricidad, combustibles líquidos) . Actualmente la principal normatividad a usos finales de energía en Colombia se asocia a aplicaciones de la energía eléctrica, no obstante, se espera que en el mediano plazo entren en vigencia iniciativas como el Reglamento Técnico de Sistemas e Instalaciones Térmicas – (RETSIT), centradas en mejorar la eficiencia en energía térmica.

Adicionalmente, existen requisitos aplicables a entidades públicas (no utilización de iluminación de baja eficacia, algunas obligaciones adquiridas desde la ley 1715) y metas en construcción sostenible aplicables a ciertos tipos de edificaciones. De otra parte, es pertinente que la organización identifique si existen aspectos de la normatividad ambiental que puedan impactar su desempeño energético.

Tabla 1. Ejemplo de identificación de requisitos legales

Nombre del requisito legal o documento	RETIE Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas	RETILAP Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público
--	--	---

Descripción	Fija las condiciones técnicas que garanticen la seguridad en los procesos de Generación, Transmisión, Transformación, Distribución y Utilización de la energía eléctrica en la República de Colombia	Establece las reglas generales en los sistemas de iluminación interior y exterior alumbrado público, en el territorio colombiano, promoviendo el uso racional y eficiente de energía (URE) en iluminación.
Responsable	Gerencia técnica.	Gerencia
Frecuencia de revisión	Anual	Anual
¿Qué operaciones, procesos o equipos se ven afectados?	Instalaciones eléctricas, máquinas y equipos en general. Proceso de diseño y planeación	Sistemas de iluminación interior
Que registros se necesitan	Certificaciones de cumplimiento	
¿Qué comunicación se necesita?	Gerencia y supervisores responsables de la obra	
Evaluación del requisito	Verificación con responsables	Verificación con responsables

Información documentada asociada a necesidades y expectativas de las partes interesadas

- Registros de identificación de partes interesadas del SGE y de sus necesidades y expectativas.
- Registro de identificación y evaluación de cumplimiento de requisitos legales y otros requisitos aplicables al SGE

2.2. Determinación del alcance del Sistema de Gestión de la Energía

Como parte del contexto, la organización debe determinar y documentar el alcance y los límites de su SGE. El alcance se asocia a los procesos o actividades que cubrirá el sistema, que no necesariamente incluye a todos los procesos, áreas y productos de la organización. Los límites son la frontera física en cuyo interior será implementado el sistema, por ejemplo la planta en su totalidad o una línea de producción. Un límite definido como un área de producción debe incluir también el área de servicios que le suministra la energía. Además la organización no debe excluir tipos de energía dentro de los límites establecidos. Por ejemplo, si dentro de los límites establecidos la organización utiliza energía eléctrica y gas, ambos tipos de energía harán parte del SGE.

A continuación se presenta un ejemplo de alcance y límites:

Alcance: *El SGE se aplica en todas las instalaciones, actividades y procesos de la organización. Tanto en las que se desarrollan en la planta industrial, como en el área administrativa*

Alcance: *El SGE se aplicará a la planta de producción de Buga. Incluye desde el recibimiento de la materia prima, su transformación hasta la entrega del producto final y las áreas de suministro de energía correspondientes a la casa de calderas, chiller, compresores de aire y subestación eléctrica principal.*

Tanto el alcance como los límites del SGE deben ser definidos por la alta dirección y mantenerse como información documentada, bien sea en el manual del SGE de la empresa o en otro medio.

Información documentada asociada al establecimiento del alcance y límites

- Documento que contiene el Alcance y los Límites de SGE. Ej. Manual del sistema de Gestión de la energía.

B. Liderazgo del SGE

Uno de los aspectos más importantes para la implementación y operación de un sistema de Gestión de la energía, es el compromiso y liderazgo de la alta dirección. Sin este compromiso sería mejor no implementar el sistema pues implicaría esfuerzos en vano, pérdida de tiempo, desorganización, falta de recursos y no obtener los resultados esperados.

El compromiso de la alta dirección se sintetiza en una política energética y se refleja en la designación de roles, responsabilidades y autoridades en la organización.

2.3. Política energética

La política energética es una declaración formalmente expresada por la alta dirección, que define los criterios generales para la planificación del SGE, orienta a la organización hacia la mejora del desempeño energético y contribuye al desarrollo de una cultura de gestión energética.

La política debe reflejar la naturaleza y tamaño de la organización y brindar un marco para el establecimiento de los objetivos y metas energéticas. Debe demostrar un alto grado de compromiso con la mejora del desempeño energético, la asignación de recursos y la importancia de la implementación del SGE para la organización. Debe ser revisada periódicamente y actualizada para reflejar los cambios o evolución del SGE de la organización.

La política puede ser propuesta por el equipo de gestión energética o un equipo especialmente creado para su formulación. Sin embargo, debe ser conocida, aprobada y adoptada por la alta dirección. Además debe responder a las exigencias que se especifican en el requisito 5.2 de la NTC-ISO 50001:2019 que pueden verificarse mediante las siguientes preguntas:

- ✓ ¿La política incluye un compromiso con la mejora del desempeño energético?
- ✓ ¿Garantiza la disponibilidad de información y de los recursos necesarios para alcanzar los objetivos y las metas de la organización?
- ✓ ¿Incluye un compromiso para cumplir con los requisitos legales aplicables y otros requisitos relacionados con el uso, consumo de la energía y la eficiencia energética?
- ✓ ¿Proporciona un marco de referencia para establecer y revisar los objetivos y metas energéticas?
- ✓ ¿Apoya la adquisición de productos y servicios energéticamente eficientes y las actividades de diseño que consideren la mejora del desempeño energético?
- ✓ ¿Se encuentra documentada y es comunicada a todos los niveles de la organización?
- ✓ ¿Es revisada y actualizada regularmente?
- ✓ ¿Está disponible para las partes interesadas, cuando sea apropiado?

Para elaborar la política puede realizarse un taller en el que participe personal clave para el SGE incluyendo a la alta gerencia o representantes del nivel directivo. Es importante tener en cuenta la alineación con los elementos estratégicos de la organización tales como la misión, los

valores organizacionales, los objetivos y metas estratégicas y los requisitos de las partes interesadas.

Para empresas que tengan otros sistemas de gestión implementados, puede realizarse una política integrada que refleje tanto los requisitos de la norma ISO 50001 como de otros sistemas de gestión.

La política debe comunicarse a los actores de interés relevantes. En este sentido puede comunicarse únicamente a nivel interno o a actores de interés externos si la organización así lo ha establecido. El equipo de gestión de la energía puede proponer a la alta dirección la forma en que la política será comunicada a la organización, con qué frecuencia será revisada y cuándo debe ser actualizada, considerando que esta debe ser estratégica y de largo plazo.

Ejemplo de política energética

POLITICA ENERGÉTICA

La empresa ABC en la ejecución de sus actividades de producción y consciente de la importancia del uso eficiente de los recursos, promueve la disminución del consumo de energía y se compromete a asignar los recursos y la aplicación de medidas que mejoren la eficiencia energética en los procesos productivos mediante la implementación del Sistema de Gestión de Energía que promueva la cultura, participación y compromiso de todos los trabajadores hacia la mejora continua y desempeño energético, cumpliendo la legislación vigente, disposiciones reglamentarias y normativas, así como compromisos que se asuman voluntariamente relacionados con el uso eficiente, seguro y responsable de los recursos energéticos.

De igual manera, buscará desarrollar acciones dentro del sistema de gestión de la energía que permitan asegurar la disponibilidad de la información de la planeación, ejecución y verificación del desempeño energético.

Adquirir productos y servicios energéticos eficientes es un compromiso de la organización ya que estos aportan a la sustentabilidad y al alcance de los resultados planificados.



Gerente general

Información documentada asociada a la política energética

- Política energética o bien política del sistema integrado de gestión conteniendo los requisitos asociados a la mejora del desempeño energético.
- Evidencias de comunicación de la política.

2.4. Asignación de roles, responsabilidades y autoridades para el SGE

La alta dirección debe asegurar la asignación de las responsabilidades y autoridades necesarias para implementar y operar adecuadamente el SGE. Lo anterior incluye la identificación de las divisiones o personal relacionadas con cada elemento del sistema, así como los cargos o áreas con responsabilidades específicas para la gestión de la energía.

Dentro del personal relevante, es especialmente importante la definición de un gestor energético que lidere la implementación del sistema y de un equipo de gestión de la energía con capacidad de liderar tareas en las diferentes áreas relacionadas con el SGE.



Ilustración 2. Roles y responsabilidades claves del SGE

El **gestor energético para liderazgo del SGE** es el puente de comunicación directa entre la alta dirección, el personal de la organización y entes externos (organismos de certificación, autoridades ambientales, partes interesadas, entre otros). Aunque la ISO 50001 no exige la existencia del gestor, en la práctica la asignación de este rol resulta fundamental para una correcta implementación del sistema y posterior operación y mantenimiento.

El gestor energético debe tener el respaldo de la alta dirección y la autoridad para la toma de decisiones y como tal debe ser dado a conocer por la Alta Dirección a todos los niveles de la organización. Además, debe tener capacidades de liderazgo y comunicación que le permitan adquirir un papel de dinamizador del Sistema.

El gestor energético debe tener formación específica sobre sistemas de gestión de la energía y la norma ISO 50001, así como conocimientos globales de los usos de la energía en la empresa y las competencias correspondientes. En referencia a las competencias esperadas de un gestor para la implementación de un sistema de gestión de la energía puede consultarse la norma técnica colombiana NTC 6269 – *Sistemas de Gestión de la Energía - Norma de competencia laboral. Experto en implementación de sistemas de gestión de la energía.*

El equipo o comité de gestión de la energía agrupa las áreas con mayores responsabilidades frente al SGE. Estará encargado de orientar las decisiones hacia los usos significativos de la energía y de definir acciones para la coordinación del sistema.

Los integrantes del equipo dependerán del tamaño de la organización y del alcance y límites definidos para el sistema. Para una organización pequeña el equipo podría componerse únicamente por el gestor energético, siempre y cuando esté en permanente comunicación con los responsables de los procesos de cada área y los involucre en el desempeño del SGE.

Para organizaciones grandes, se conformará un equipo interdisciplinario, con personal de las áreas con uso significativo de energía, que se comprometa en la planificación, implementación y mejora del sistema. La estructura del equipo dependerá del alcance y objetivos del SGE y de la naturaleza de la organización, pero en general se cuenta con personal de mantenimiento, producción y sistemas de gestión. Según lo determine la organización, podrían participar otras áreas como gestión ambiental, planeación, compras o financiera.

Es fundamental que se definan las funciones, responsabilidades y el tiempo requerido para el desarrollo de las actividades de cada uno de los miembros del comité de gestión de la energía. Tales funciones deben incluirse en el contrato, manual de funciones o perfil de cargos. El equipo podrá incluir personal experto externo o contratado con el fin de agilizar el proceso de implementación y asegurar la efectividad.

En la Ilustración 3 se muestra un ejemplo de designación de comité de un SGE y sus funciones respectivas. Se diferencian funciones transversales a todos los miembros del comité y funciones específicas para cada uno de ellos.

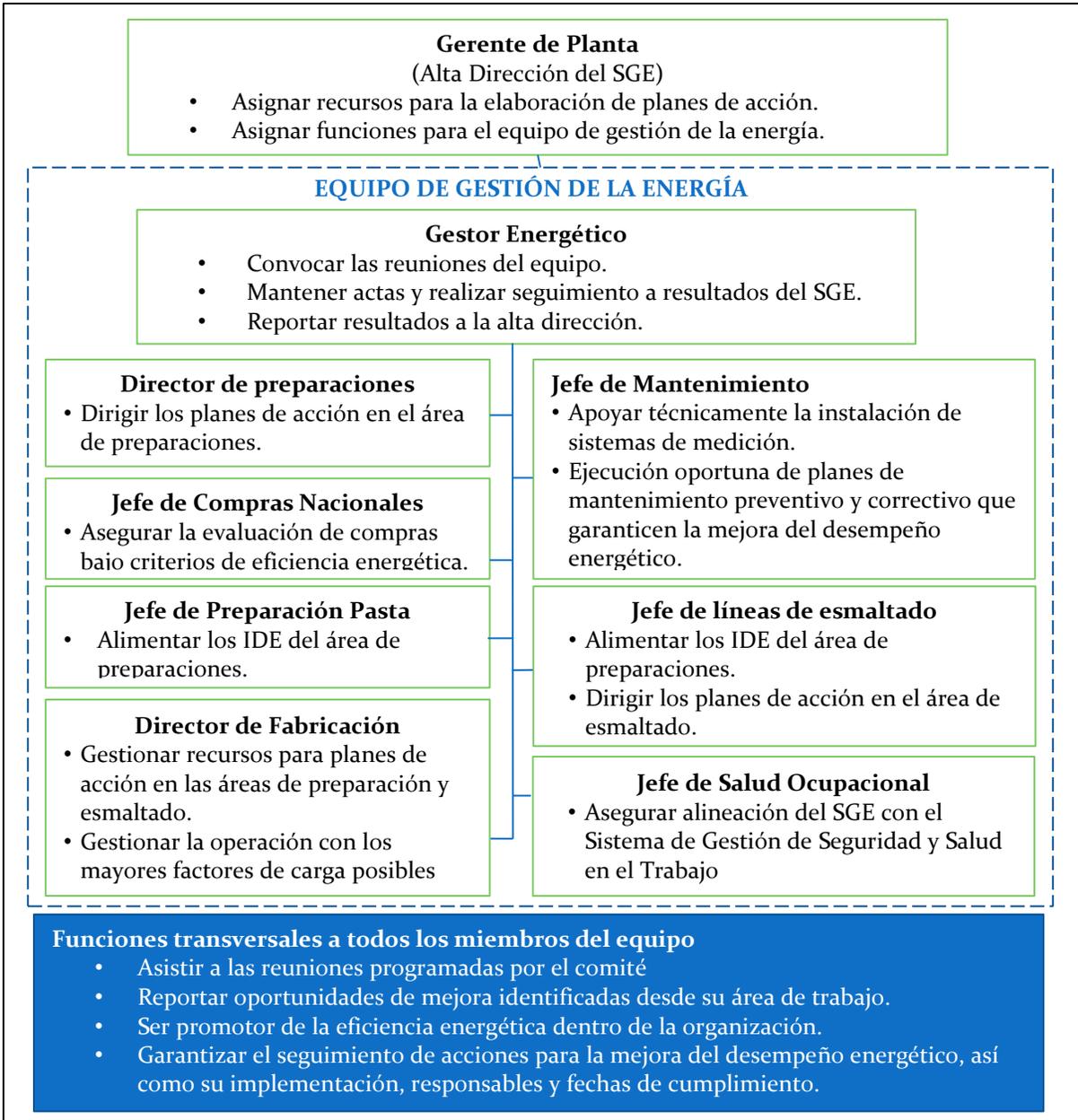


Ilustración 3. Ejemplo de equipo de gestión de la energía en una empresa del sector cerámico

Información documentada asociada a la asignación de roles, responsabilidades y autoridades

- Resolución, acta o documento que contenga la designación del representante de la dirección y equipo de gestión energética
- Documento con responsabilidades y autoridades definidas y comunicadas

C. Planificación del Sistema de Gestión de la Energía

La planificación de un sistema de gestión de la energía agrupa las actividades requeridas para conocer y entender el estado de la organización a nivel energético en función de una revisión energética que permita identificar potenciales de ahorro y oportunidades de mejora, para establecer los elementos para el seguimiento a las mejoras del desempeño energético y establecer objetivos, metas energéticas y planes de acción.

La planificación del SGE representa el corazón del sistema y la base para el cumplimiento de la política energética. De su buen desarrollo depende en gran medida la efectividad y los beneficios del sistema. Las actividades se esquematizan en la Ilustración 4.

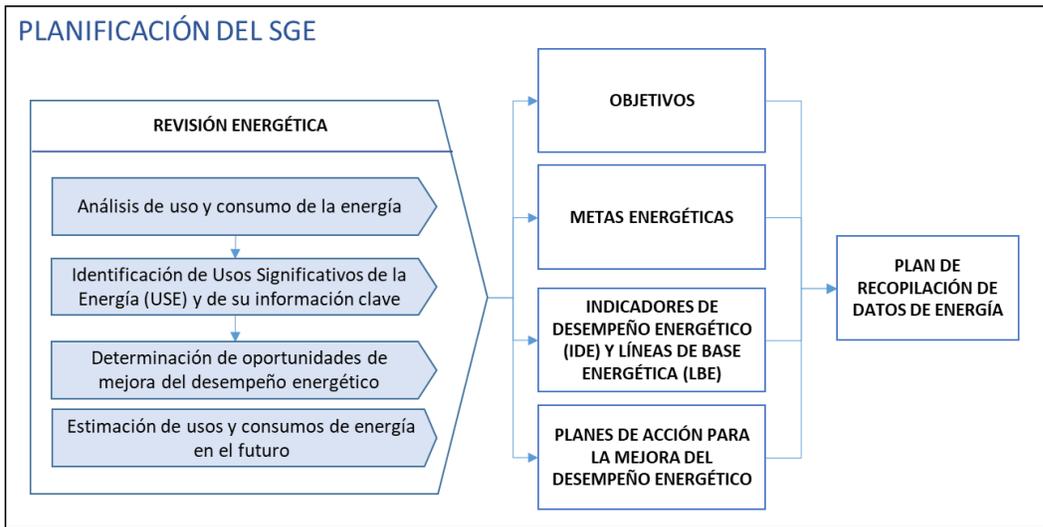


Ilustración 4. Esquema de la planificación del SGE

Al planificar el SGE, la organización debe tener en cuenta las incertidumbres y los riesgos y oportunidades asociados a la operación del sistema y al desempeño energético. Por tanto, debe determinar los riesgos y las oportunidades que es necesario abordar con el fin de garantizar que el SGE pueda alcanzar los resultados previstos, incluyendo la mejora del desempeño energético; prevenir o reducir los efectos no deseados y lograr la mejora continua del SGE.

Adicionalmente es necesario planificar la recopilación de datos para garantizar que las características clave de las operaciones que afectan el desempeño energético se identifiquen, midan y analicen.

En la etapa de planificación interviene principalmente el gestor energético apoyado por el equipo de gestión de la energía. Los resultados finales involucrarán planes de acción que deben ser posteriormente comunicados a toda la organización y adoptados por las divisiones relevantes de la organización.

La planificación del SGE requiere conocer conceptos clave de gestión de la energía, tales como indicadores de desempeño energético y líneas de base energética. Por esta razón, el personal involucrado debe contar con conocimiento y competencias específicas en gestión de la energía.

2.5. Revisión energética

La revisión energética es el conjunto de actividades que permiten analizar el desempeño energético de la organización, es decir, los resultados cuantificables relacionados con eficiencia energética, uso de la energía y consumo de la energía. Esta orientada a la identificación de usos significativos de la energía y de oportunidades de mejora del desempeño energético y se basa en el análisis de datos energéticos y productivos de la organización, tales como consumos, registros productivos e información de equipos.

Algunas fuentes de información para la revisión energética son los contratos de suministro de energía, información histórica de facturas o medidores de consumo instalados al interior de la empresa, registros de producción, hojas de vida de equipos, diagramas de proceso y resultados de auditorías energéticas. La revisión de información se complementa con recorridos de campo y entrevistas con personal relevante, principalmente a cargo de los Usos Significativos de Energía.

En la Ilustración 5 se esquematizan las actividades de una revisión energética. Se inicia con un análisis del uso y consumo de la energía, con el cual se identifican los Usos Significativos de la Energía (USE), sus características clave y las personas que realizan trabajo bajo control de la organización que los influyen o afectan. Posteriormente se identifican y priorizan oportunidades de mejora del desempeño energético y se estiman usos y consumos futuros de la energía.

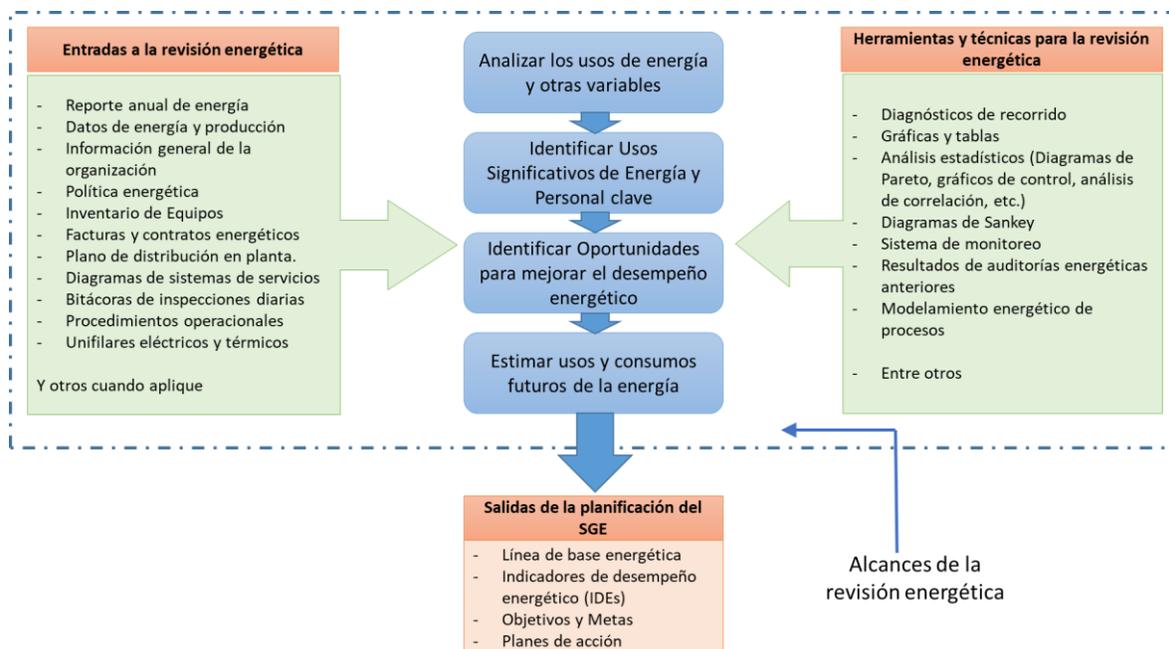


Ilustración 5. Esquema de una revisión energética. Adaptado de Metodología para la planificación energética a partir de la norma ISO 50001.

Como parte de la revisión energética la organización puede realizar auditorías energéticas. La NTC:ISO 50002 *Auditorías Energéticas, Requisitos con orientación para su Uso*, contiene una metodología alineada con la ISO 50001 para desarrollar esta actividad. La revisión energética debe revisarse y actualizarse a intervalos definidos. Los resultados de la revisión energética y la metodología para su realización deben conservarse como información documentada del sistema.

A continuación se describen las actividades y herramientas empleadas en la revisión energética:

a) Matriz energética

La matriz energética permite a la organización identificar los tipos de energía usados en sus operaciones y la participación de cada uno sobre el consumo total. Para su elaboración se debe contar con información histórica de los consumos de cada tipo de energía usado por la organización, agrupada para un periodo anual preferiblemente. Los consumos totales de cada tipo de energía son convertidos a unidades equivalentes de energía (por ejemplo MJ) para calcular el porcentaje de participación de cada fuente de energía sobre el consumo total.

Es conveniente que además de construir la matriz energética, se realice una matriz de costos energéticos en la que se identifique la participación de cada tipo de energía sobre el costo total de la energía. Esto permitirá tener dos dimensiones de la matriz: su desempeño energético y su impacto económico. En la Ilustración 6 se presenta un ejemplo de matriz energética y su correspondiente comparación con la matriz de costos energéticos.

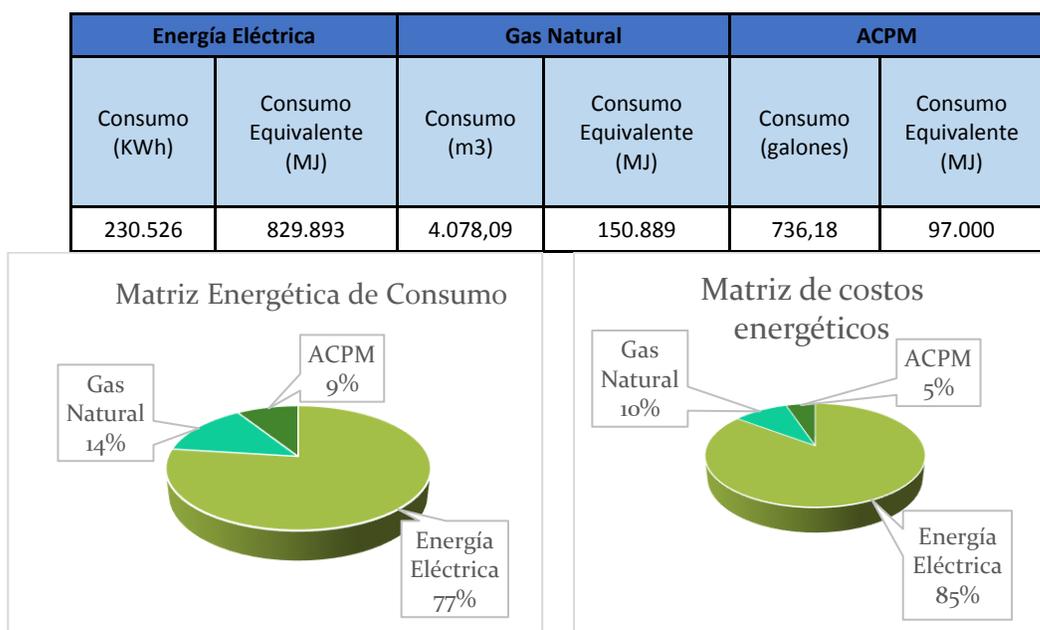


Ilustración 6. Ejemplo de matriz energética y matriz de costos energéticos

En la identificación de tipos de energía, es importante diferenciar las fuentes de energía primarias, que provienen de un recurso natural, y secundarias, si el energético es resultado de la transformación de otro energético. De igual manera, pueden identificarse las fuentes de energías primaria renovables, que corresponden a fuentes energéticas de uso sustentable en el tiempo y no renovables, cuyo uso es limitado (Castrillón y Gonzalez, 2019).

b) Diagrama energético productivo

Un diagrama energético productivo muestra en un mismo esquema los flujos energéticos y productivos de la organización y permite visualizar los usos y tipos de energía usados en los procesos. El diagrama parte de un esquema de bloques que muestra los procesos productivos de la empresa. Posteriormente se indica para cada proceso los tipos de energía de entrada, los tipos de energía de salida (generalmente transformada en otros tipos de energía por ejemplo en vapor, aire comprimido o agua fría) y los tipos de productos obtenidos.

En la elaboración del diagrama es importante partir de la matriz energética de la empresa, así como diferenciar entre servicios industriales que transforman los tipos de energía (ejemplo: generación de aire comprimido, caldera, calentamiento de agua) y las operaciones productivas.

El diagrama puede ser cualitativo pero si se cuenta con información de consumos podría indicarse en cada bloque la energía de entrada y de salida. De esta manera, podría desarrollarse un diagrama de Sankey que muestre los flujos y pérdidas de energía en las operaciones de la empresa, como el mostrado en la Ilustración 7. Un censo de carga (cuya elaboración se describe más adelante) puede permitir una buena aproximación a un diagrama de Sankey, incluso si no se cuenta con mediciones.

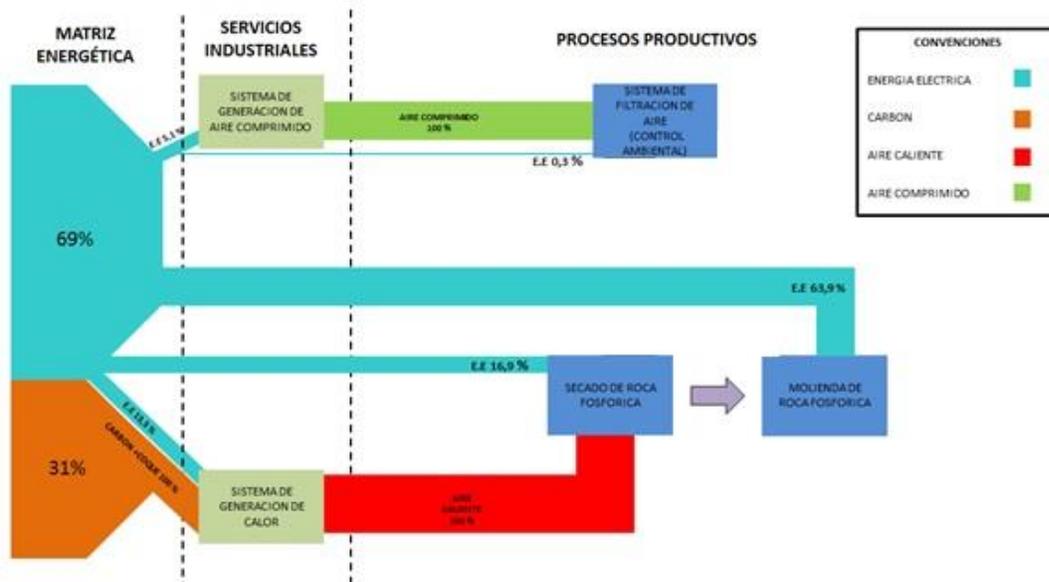


Ilustración 7 Ejemplo de diagrama energético productivo elaborado a través de un diagrama de Sankey

c) Análisis de consumos de energía

El análisis de consumos de energía permite conocer el comportamiento de la demanda de energía por tipo de energético, bien sea para la organización en su totalidad o para las áreas que cuenten con medidores de consumo.

El análisis parte de un gráfico del consumo de energía en función del tiempo generalmente con datos mensuales. Se aconseja usar información histórica de un periodo de al menos un año, durante el cual se registra un ciclo productivo representativo de la organización.

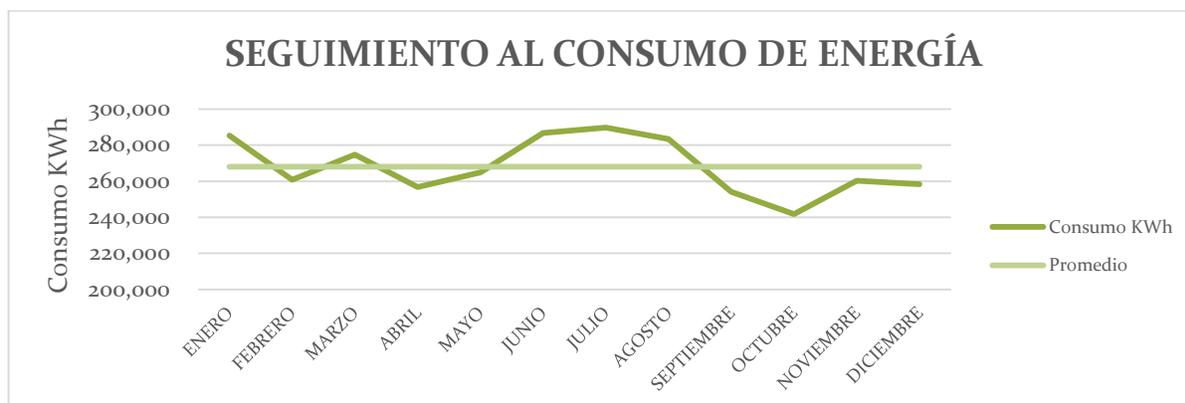


Ilustración 8. Gráfica de seguimiento al consumo en el tiempo

De este gráfico se pueden identificar los siguientes elementos:

- Carga mínima de la demanda; es el menor valor del gráfico del consumo de energía.
- Carga máxima de la demanda; el mayor valor del gráfico del consumo de energía.
- Demanda promedio de energía.
- Períodos de mayores y menores consumos de energía.

Es conveniente también realizar un gráfico en el que se muestre de manera conjunta la evolución de los consumos energéticos y la cantidad de producción en el tiempo (Ilustración 9). De esta manera, se identificará si las variables tienen tendencias similares y posibles comportamientos atípicos que la empresa deberá investigar y analizar.

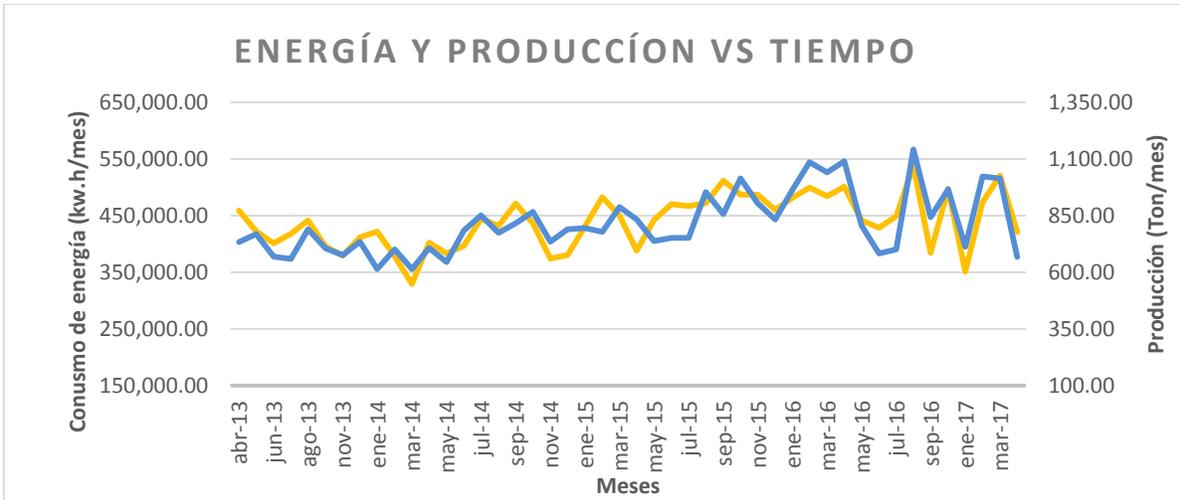
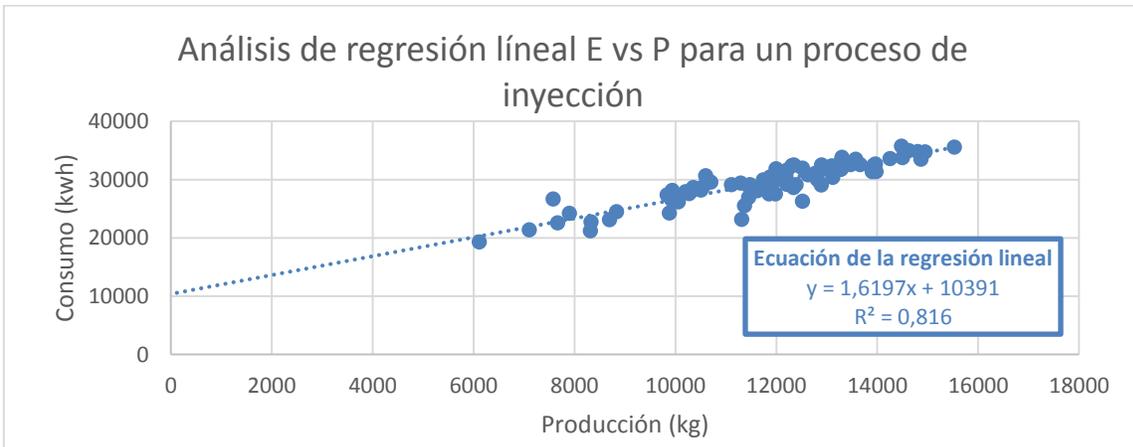


Ilustración 9. Gráfica de seguimiento al consumo y producción en el tiempo

Para un análisis más profundo se puede estudiar la correlación entre el consumo energético y la producción. Para ello se realiza un diagrama de dispersión del consumo energético de un proceso o área en función de la producción en un intervalo definido de tiempo (horario, turno, diario, mensual). Sobre este gráfico se realiza una regresión lineal que permite determinar la relación existente entre las dos variables analizadas. En la Ilustración 10 se muestra un ejemplo.

Ilustración 10. Ejemplo análisis de correlación lineal entre energía vs producción



Al realizar el análisis de correlación puede obtenerse una ecuación lineal que representa la relación entre ambas variables y su respectivo coeficiente de determinación (R^2), que indica en qué medida los datos de la producción explican la variación del consumo. Los elementos de la ecuación permiten determinar aspectos sobre la relación entre el consumo y la producción, que se describen en la sección 2.7 *Líneas de base energética*.

El análisis de regresión lineal puede ser utilizado para identificar la influencia de otras variables relevantes sobre el consumo, por ejemplo el clima o subproductos del proceso. La regresión lineal permite además normalizar valores de consumo de energía para establecer

líneas de base energética adecuadas para el seguimiento al desempeño energético, así como la identificación de potenciales de ahorro con base en el mejor comportamiento histórico. Estos aspectos se tratarán respectivamente en las secciones 2.7 (*Líneas de base energética*) y 2.6 (Variables relevantes y factores estáticos).

d) Identificación de equipos y áreas de usos significativos de energía (USE) a través de censo de carga y diagramas de Pareto.

Un segundo aspecto de la revisión energética es la identificación de los Usos Significativos de la Energía (USE), que corresponden a sistemas, procesos o equipos con consumos sustanciales de energía o con potenciales considerables para la mejora del desempeño energético. Los USE serán el foco de las acciones para la mejora del desempeño energético por lo que una buena identificación reviste de alta importancia para el sistema. Una vez se identifiquen es necesario levantar datos e información relevante que permita su gestión a través de los diferentes elementos del SGE.

La identificación inicial de los USE puede apoyarse en un **censo de cargas**, que permite estimar los consumos por usos finales de energía o de diferentes áreas de la empresa con base en la información de potencia y rutinas de uso de los equipos y servirá como insumo para la elaboración de diagramas de Pareto y diagramas energético productivos.

En la Tabla 2 se muestra un ejemplo de censo de cargas en el que a partir de los consumos estimados se indica cuáles son las áreas y equipos que representan el mayor consumo de energía y su porcentaje de incidencia respecto al consumo total de la planta. Si la organización cuenta con medición en equipos o áreas, puede usar esta información en lugar de los consumos estimados.

Tabla 2. Ejemplo formato de censo de cargas

SISTEMA DE GESTION DE ENERGIA Censo de cargas e identificación de usos significativos de la energía V.1, 03.05.2018						Diligenciado por: Luisa Pérez, jefe de mantenimiento. Fecha de diligenciamiento: 20/01/2018			
Area / Servicio	Equipo	Horas de trabajo al mes	Potencia (kW)	Consumo mensual estimado (kWh)	Consumo mensual del área (kWh)	Consumo respecto al área (%)	Consumo respecto a la planta (%)	Consumo del área respecto a la planta (%)	Consumo total planta (KWh)
Sacrificio	Linea de colgado 3 unidades de tracción	300	0,76	228	1800	12,67	0,4%	2,87%	62.724
	Transportador de guacales	300	1,1	330		18,33	0,5%		
	Peladora de patas	300	3,66	1098		61,00	1,8%		
	Lavadora de cadena de cuelgue	300	0,48	144		8,00	0,2%		
Evisceración	Linea de evisceración 3 unidades de tracción	300	3,15	945	8565	11,03	1,5%	13,66%	62.724
	Cortadora	300	0,68	204		2,38	0,3%		
	Peladora de mollejas	300	5,05	1515		17,69	2,4%		

	Lavadora de cadena de cuelgue	300	19,67	5901		68,90	9,4%	
Enfriamiento	Chiller de pollo	300	45,09	13527	15321	88,29	21,6%	24,4%
	Linea puente de pesaje 2 unidades de tracción	300	1,97	591		3,86	0,9%	
	Empacadora de visceras usinox	300	1,74	522		3,41	0,8%	
	Chiller de menudencias ei	300	2,27	681		4,44	1,1%	
Equipos Auxiliares	Ventilación mecánica te-vn-01	300	20,16	6048	37038	16,33	9,6%	59,05%
	Bomba de vacio	300	24,11	7233		19,53	11,5%	
	Compresor antiguo	300	21,55	6465		17,46	10,3%	
	Bomba, pozo 1,40	300	18,6	5580		15,07	8,9%	
	Ventilador condensador	300	4,94	1482		4,00	2,4%	
	Bomba condensador	300	1,25	375		1,01	0,6%	
	Compresor 1	300	32,85	9855		26,61	15,7%	

Con base en los censos de cargas se realizan los diagramas de Pareto de consumos energéticos por usos finales, áreas o equipos. Esta herramienta permite observar gráficamente las áreas que agrupan los principales consumos de energía en la empresa. Normalmente se observará que el 20% de los equipos o áreas consumen alrededor del 80% de los consumos totales de energía de la empresa. La Ilustración 11 muestra un ejemplo.

Los censos de cargas y diagramas de Pareto brindan información para la selección de Usos Significativos de la Energía. La organización podrá seleccionar la totalidad o algunos de los usos que representan el 80% del consumo como usos significativos de la energía. La selección final deberá tener en cuenta aspectos como los recursos disponibles para la gestión de la energía o las áreas con mayores potenciales de mejora.

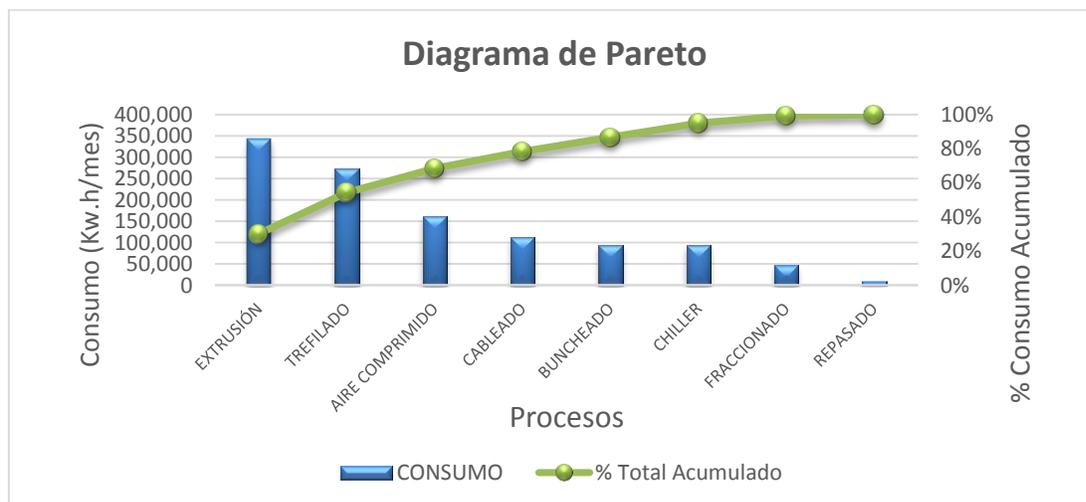


Ilustración 11 Ejemplo de diagrama de Pareto.

e) Caracterización de los usos significativos de energía-USE

Una vez identificados los usos significativos de la energía se deben identificar aspectos como el funcionamiento del área o equipo, modos de operación, procedimientos, el personal asociado, (es decir operadores, jefes del área, encargados del mantenimiento, supervisores entre otros) los indicadores que se utilizan en el área, las prácticas de mantenimiento, turnos de trabajo, la eficiencia de los equipos y los tipos de energía, con el fin de identificar oportunidades de mejora.

La información se obtiene a través de observación directa en el área, entrevista con los operadores y jefes de proceso, revisión de indicadores y procedimientos. Podrá ser registrada en un formato similar al siguiente:

Tabla 3. Ejemplo de registro de las características clave de un USE en una planta de beneficio de pollos

Nombre del Uso Significativo de la Energía (USE) ÁREA DE SACRIFICIO	
Equipos, Sistemas o Procesos involucrados	<ul style="list-style-type: none"> ○ Bandas, ○ Cadenas de transporte aéreo ○ Tanque de desangre ○ Tanque de escaldado ○ Desplumadoras
Indicadores de Desempeño Energético	Desempeño energético actual
<ul style="list-style-type: none"> ○ Consumo eléctrico y toneladas de producción ○ Índice de consumo - gas natural planta ○ Consumo vapor-toneladas de pollo vs tiempo ○ Tendencia de consumo - energía eléctrica planta 	<p>El seguimiento al desempeño energético del área se realiza a través del seguimiento a los IDE relacionados.</p> <p>Responsable de diligenciamiento: Jefe de mantenimiento</p>
Personal relacionado con el mantenimiento del USE	Personal relacionado con la operación del USE
<ul style="list-style-type: none"> ○ Jefe de Mantenimiento ○ Técnico Electricista ○ Auxiliares de Mantenimiento ○ Controlador 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Jefe de Producción ○ Supervisor ○ Operarios
Variables que Afectan el USE	
Operación	Mantenimiento
<ul style="list-style-type: none"> ○ Temperatura de escaldadoras ○ Velocidad de la cadena ○ Tamaño del pollo 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fugas de vapor ○ Cantidad de purgas de la caldera
Observaciones adicionales	
Actualmente se están realizando inversiones para realizar submedición al interior del área	

Para cada uso sinificativo de la energía deben identificarse las correspondientes variables relevantes. Este concepto requiere abordarse en mayor detalle para lo cual se ha dispuesto la sección *Variables relevantes y factores estáticos* (p.20), de la presente guía. Para los USE es especialmente importante identificar las variables relevantes asociadas al mantenimiento y a la operación, ya que estas permitirán posteriormente realizar un control operacional adecuado.

f) Identificar, priorizar y registrar oportunidades de mejora del desempeño energético

Las oportunidades de mejora del desempeño energético se pueden clasificar por el nivel de inversión a realizar. Pueden ser de baja o nula inversión, de media inversión y de alta inversión.

- Medidas de Baja inversión: Son las relacionadas con el cambio de cultura organizacional, cambio de hábitos en la operación de equipos y en general actividades de gestión que dependen del talento humano; algunas de ellas se pueden ejecutar dentro del presupuesto general de operación y mantenimiento de la empresa.

Ejemplos: control operacional, practicas operacionales, mejora del sistema de mantenimiento planificado o preventivo, ajuste de parámetros operacionales y mejoras en la planeación y organización de la producción.

- Medidas de Media inversión: Aquellas que requieren un presupuesto adicional al asignado para la operación y mantenimiento pero que está dentro del valor que el gerente de la empresa puede asignar y no requiere de ayuda externa para ejecutarla.

Ejemplos: cambio de los sistemas de control, incremento o perfeccionamiento de sistemas de medición, cambio de equipos o sistemas auxiliares, introducción de sistemas auxiliares de incremento de eficiencia o productividad.

- Medidas de alta inversión: Se relacionan con cambios sustanciales en el proceso productivo y generalmente requieren de capital no presupuestado para la operación de la empresa en ese año y gestiones con actores externos.

Ejemplos: Cambios tecnológicos en equipos principales o auxiliares a gran escala, introducción de nuevas fuentes de energía, recuperación de desperdicios energéticos, modificación de procesos productivos para incremento de su productividad, introducción de fuentes renovables de energía.

Las oportunidades de mejora pueden ser identificadas por diferentes vías:

- Recomendaciones del fabricante.
- Manual de operaciones y de automatización y control.
- Experiencias del personal de operación y mantenimiento.
- Experiencias de expertos internos de proceso
- Guías de expertos en eficiencia energética.
- Benchmarking del desempeño de equipos similares.
- Hoja de vida del equipo o proceso.
- Auditorías energéticas.
- Pruebas de campo.
- No conformidades de las auditorias internas del SGE.
- Necesidades energéticas del proceso productivo.

- Conferencias, entrenamientos y trabajo virtual.
- Bibliografía, revistas, periódicos, guías de buenas prácticas.
- Sitios en el internet, búsquedas, etc.
- Sugerencias de empleados no especialistas.

Las oportunidades identificadas en la revisión energética pueden ser registradas en una matriz de oportunidades de mejora para priorizarlas y evaluar su inclusión en futuros planes de acción.

g) Estimación de usos y consumos futuros del desempeño energético

Para realizar esta tarea la organización puede basarse en la información de su línea de base energética o en los indicadores de presupuesto energético, conceptos que se tratarán más adelante.

En la estimación de cambios en los usos de energía es importante tener en cuenta la posible introducción de cambios en los procesos productivos tales como aplicación de líneas de producción o cambios en el portafolio de productos de la empresa.

Información documentada asociada a la revisión energética

- Metodología de Revisión energética documentada
- Información documentada de los resultados de la revisión incluyendo análisis de usos y consumos de la energía, identificación y registro de información clave de los USE, registro de las oportunidades de mejora del desempeño energético y estimación de usos y consumos futuros de energía.

2.6. Variables relevantes y factores estáticos

La identificación de **variables relevantes** constituye una actividad necesaria para la revisión energética, el desarrollo de indicadores de desempeño energético, líneas de base energética, el seguimiento al desempeño energético del SGE y el establecimiento de controles operacionales. Por su parte, la identificación y definición de los **factores estáticos** resulta necesaria en la actualización de líneas de base energética y la toma de otras decisiones de la implementación y operación del SGE. En la presente sección se abordan estos conceptos con el fin de facilitar su utilización en las tareas del SGE que así lo requieran.

a) Variables relevantes

Las variables relevantes son aquellas que impactan significativamente en el desempeño energético y cambian de forma rutinaria. Se refieren a parámetros operacionales, actividades de mantenimiento, eventos o actividades de planeación de la producción, que cambian en la operación cotidiana de la organización y cuya variación produce cambios significativos en el consumo de energía.

Las fuentes de información para identificar variables relevantes, incluyen instructivos de operación, instructivos de mantenimiento, procedimientos operacionales y de mantenimiento, manuales de operación de equipos, programas de mantenimiento de equipos, programas de producción y la experiencia de los operadores, mantenedores y planeadores de la producción.

Las posibles variables relevantes para un USE incluyen la **producción; ocupación; condiciones operacionales** (tipos de agrupamiento de equipos, presión, temperatura, velocidad, viscosidad, *rpm*, relación aire/combustible, tiempos de cambio de producto, tiempos de arranque, paradas, reprocesos, regímenes de operación, cantidad de purgas al día, planeación de la producción, etc.); **condiciones climáticas** (grados día de temperatura, humedad relativa, presión ambiente, polución, densidad) o **condiciones de mantenimiento** (frecuencia de limpieza, lubricación, frecuencia de inspecciones, ajustes, tiempos de cambio de partes y piezas, confiabilidad, disponibilidad).

Pueden existir muchas variables que al cambiar produzcan cambios en el consumo de energía, pero se trata de reducir el análisis a solo aquellas que produzcan cambios relevantes en el consumo de energía.

El **conocimiento de estas variables** y de su influencia cuantitativa sobre el desempeño energético **permite identificar las oportunidades de mejora** en el USE. Generalmente las oportunidades van dirigidas a reducir o controlar la variabilidad operacional no deseada para reducir el consumo de energía y mejorar el desempeño energético de los sistemas de producción y de la organización en general.

Para la validación cuantitativa de la influencia de cada variable sobre el consumo de energía es indispensable disponer de la información suficiente y representativa tanto de la variable como del consumo de energía asociado, en un periodo significativo de tiempo.

Tipos de variables relevantes

No todas las variables relevantes pueden ser controladas para mejorar el desempeño energético. Existen variables climáticas o de otro tipo, no controlables, que pueden impactar de forma relevante el consumo de energía.

Por ejemplo, los grados días de temperatura impactan relevantemente el consumo de energía en los sistemas de climatización o de producción de frío industrial. También la cantidad de producto realizado en cualquier línea de producción es una variable relevante que influye en el consumo de energía de la línea, sin embargo, esta variable no puede ser controlada para reducir el consumo ya que no podemos producir menos para ahorrar energía.

Aquellas variables relevantes que no pueden ser controladas para mejorar el desempeño energético a través de actividades operacionales, gestión del mantenimiento o gestión de la producción, deben ser utilizadas para normalizar la evaluación del desempeño energético del USE en cuestión, evitando la influencia de la variación al evaluar desempeño energético. Esta

normalización se realiza al establecer la línea base del USE para la evaluación de su desempeño energético como se verá en la siguiente sección.

En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de oportunidades de mejora dirigidas al control de variables relevantes en un generador de vapor piro-tubular de 600 BHP

Tabla 4 oportunidades de mejora dirigidas al control de variables relevantes en un generador de vapor

EVALUACION CUALITATIVA DE VARIABLES RELEVANTES DE LOS USE. EJEMPLO CALDERA DE VAPOR PIROTUBULAR, 600 BHP. MARCA COLMÁQUINAS		
Tipo de variable	Cómo influye en el cambio del consumo de energía	Tipo de medida para la mejora del desempeño
Dependiente de la operación o planeacion de produccion	Descripcion	Procedimientos de control operacional
Frecuencias y tiempo de purgas.	Si la frecuencia y el tiempo de purgas es excesivo se produce perdida de la caldera y mayor consumo de combustible.	Ajustar el tiempo y frecuencia de purgas de tal forma que las ppm de STD en agua de calderas se mantenga entre 2900-3000. Evaluar al instalacion de un sistema automático de purgas. Controlar la calidad del agua tratada que se introduce al sistema. Evaluar la viabilidad de recuperación de calor de purgas.
Dependiente del mantenimiento	Descripción	Procedimientos de la gestion del mantenimiento. MCE
Frecuencia de inspeccion del sistema mecánico de ajuste de la relación aire/combustible.	El sistema mecánico de ajuste de la relación aire/combustible sufre desajustes por su movimiento continuo que afecta significativamente la calidad de la combustión y genera mas consumo de combustible.	Realizar la revisión al menos una vez al mes o por requisición del operador de caldera. Establercer criterios de desajuste visibles al operador. Evaluar la viabilidad de cambio del sistema mecánica a un sistema automático por PLC con actuadores independientes del damper de aire y la válvula de gas.
Factores Estáticos	Descripción	Cambios tecnológicos viables técnica y economicamente.
La caldera no cuenta con los sistemas de recuperacion de calor: economizador; sistema automatico de purgas; recuperador de calor de purgas; control automático de la combustión.	Los factores estáticos del equipo solo permiten una eficiencia térmica de la caldera del 89%.	Los cambios tecnológicos asociados a los factores estáticos pueden ser: Régimen de purgas automático Recuperación de calor de las purgas Recuperación de calor de gases de salida (economizador) Control en línea o automático de la combustión.

En conclusión, la determinación de las variables relevantes de los USE sirve para establecer el control operacional del desempeño energético, para identificar posibles oportunidades de mejora del desempeño y además para lograr la normalización de la evaluación del desempeño. En la Tabla 5 se muestran ejemplos de variables relevantes

Tabla 5 Ejemplos de variables relevantes para diferentes Usos Significativos de Energía

USE	Variables relevantes típicas
Generadores de vapor	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de agua de alimentar • Frecuencia y tiempo de purgas • Temperatura de gases de chimenea • % O2 en gases de chimenea • Producción de vapor • Frecuencia de arranques y paradas • Tiro de gases
Sistemas de aire comprimido	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura del aire entrada al compresor • Frecuencia de limpieza filtro de aire • Tipo de régimen de control de presión de descarga • Cantidad de fugas en el sistema de distribución • Frecuencia de limpieza del postenfriador • Cantidad de aire comprimido
Sistemas de bombeo	<ul style="list-style-type: none"> • Presión de succión • Presión de descarga • Cantidad de fluido bombeado • Número de equipos funcionando • Tipo de control de flujo • Factor de carga
Torres de enfriamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de bulbo húmedo del aire ambiente • Frecuencia de mantenimiento de la torre (rellenos, toberas etc..) • Frecuencia y tiempo de purgas • Tipo de sistema de control de temperatura de salida • Cantidad de agua a enfriar (TR a producir)
Intercambiadores de calor	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de limpieza de superficies de transferencia • Frecuencia de inspección y ajuste de trampas de vapor • Parámetros del fluido caliente y frio • Cantidad de fluido caliente y frio • Tipo de sistema de control de parámetro de salida

b) Factores estáticos

Son aquellos que impactan significativamente en el desempeño energético y no cambian de forma rutinaria. Generalmente son factores fijos inherentes a la tecnología existente y que determinan la eficiencia energética de la tecnología en uso.

Cuando hay cambios importantes en los factores estáticos, es porque existen cambios en la tecnología y la organización deberá revisar las líneas de base energética que fueron elaboradas antes de esos cambios.

Ejemplo de factores estáticos: tipo de equipo instalado (motor eléctrico de baja, media o alta eficiencia), capacidad instalada (equipo sobredimensionado que trabaja subcargado), área de un edificio, tipo de luminarias (de alta eficiencia o de baja eficiencia); tipo de sistema de control que impacta relevantemente el consumo de energía (un control manual de flujo que puede ser modificado a un control por variador de frecuencia del motor eléctrico), etc.

La identificación y registro de los factores estáticos es importante debido a que permiten tomar decisiones relacionadas con la modificación de líneas de base energética. En caso que cambien los factores estáticos, que son factores relevantes que impactan el desempeño energético de un USE, se debe evaluar si la línea de base asociada continua siendo una referencia adecuada contra la cual contrastar los cambios en el desempeño energético, dado que el comportamiento energético de ese USE ha cambiado respecto al periodo base inicial.

Los factores estáticos también representan fuentes de oportunidades tecnológicas para la mejora del desempeño energético de los USE. Por ejemplo, si en el USE existe un motor eléctrico sobredimensionado, de baja eficiencia, que trabaja subcargado, esto será un factor estático que produce un bajo desempeño energético. Este factor da lugar a una oportunidad de mejora tecnológica representada en el cambio del motor por uno de la capacidad adecuada y de alta eficiencia.

2.7. Líneas de base energética e indicadores de desempeño energético

Los Indicadores de Desempeño Energético (IDE) y las Líneas de Base Energética (LBE) son elementos fundamentales de un sistema de gestión de la energía que permiten a una organización medir su desempeño energético o el de un proceso, área o equipo, y demostrar su mejora en el tiempo.

La línea de base energética (LBE) es la referencia cuantitativa contra la que se comparan los cambios en el desempeño energético. La LBE indica el estado de desempeño energético antes de realizar acciones de mejora y por ello permite dar cuenta de los cambios y las mejoras. Los cambios se determinan al comparar el desempeño en un periodo dado con la línea de base energética, para lo cual se utilizan los indicadores de desempeño energético.

Los indicadores de desempeño energético (IDE) son una medida o unidad de desempeño energético determinada por la organización que permiten monitorear y controlar los procesos en los que se evalúa el desempeño. Adicionalmente, alertan sobre las desviaciones, y pueden correlacionarse en el tiempo en función de los cambios de las variables relevantes que afectan el desempeño energético. De igual manera pueden emplearse como indicadores de efectividad para verificar los resultados obtenidos en desempeño energético con respecto a lo deseado, al compararse con una línea de base energética.

En la Ilustración 12 se muestra un esquema adaptado de la NTC ISO 50006 en el que se esquematiza la interacción de los Indicadores de Desempeño Energética y las Líneas de Base Energética para demostrar la mejora del desempeño energético.

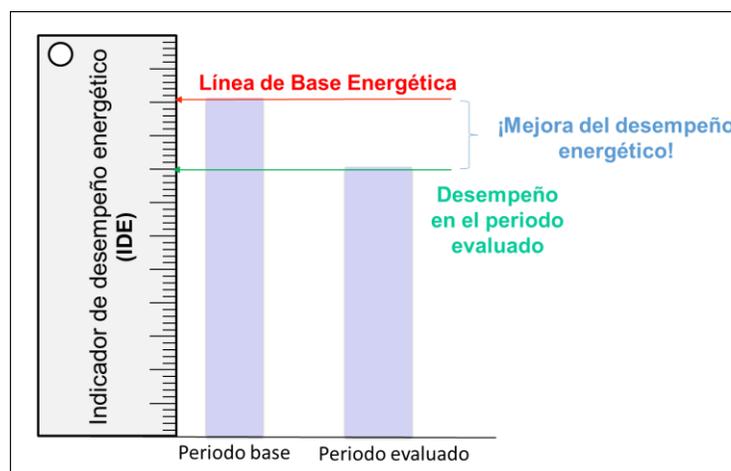


Ilustración 12. Esquema de medición de la mejora del desempeño energético mediante los IDE y la LBE (adaptado de la NTC:ISO 50006)

La organización define el método para establecer la línea de base energética, así como los indicadores de desempeño energético que utilizará. No obstante, debe asegurarse de que estos elementos puedan contrastarse de manera adecuada y permitan medir el desempeño

energético, teniendo en cuenta aspectos como la normalización frente a las variables relevantes o la coherencia con las operaciones productivas que representan. Estos aspectos se tratarán en el presente capítulo.

Normalización de la línea de base energética

Cuando se comparará el desempeño energético de un periodo con la línea de base energética, se requiere que ambos datos sean evaluados en condiciones equivalentes. Generalmente la comparación requiere modificar los datos para tomar en cuenta los cambios del desempeño energético en condiciones equivalentes. Este proceso se denomina **normalización**.

Para normalizar los datos de una línea base deben identificarse las variables relevantes no controlables, pues estas hacen que el consumo de un periodo no sea comparable con otro periodo. Si los datos de la línea base se normalizan teniendo en cuenta estas variables, la variabilidad remanente responderá a las variables que pueden ser controladas por la organización a través de la operación y el mantenimiento y por esta razón, se podrá comprarar cómo ha mejorado el desempeño energético a través del control de dichas variables.

Por ejemplo si la organización ha determinado que variables como el clima; la producción, las horas u otras, afectan significativamente el consumo de energía y son variables relevantes que no pueden controlarse, es posible que requieran de una normalización. En este caso, la línea base debe normalizarse para estimar la energía que se habría consumido en el período de referencia si el valor de estas variables, hubiera sido el mismo que en el periodo de evaluación del desempeño.

Requerimientos de una línea de base energética y procedimiento para su elaboración

Según lo revisado en este capítulo, con una línea de base energética se desea:

- ✓ Poder normalizar el consumo de energía obtenido de un periodo base, a las condiciones que ocurrió el consumo de energía, en el periodo real.
- ✓ Poder comparar los consumos de energía entre un periodo base y un periodo de evaluación, para lo cual se requiere normalizar este valor.
- ✓ Que la evaluación del desempeño de consumo no esté influenciada por factores no controlables como clima, tipo de producto, cantidad de producto realizado, etc.

En el siguiente cuadro se presentan algunos casos de líneas de base energética que reflejan estos aspectos:

Ejemplos de casos de líneas de base energética

No. 1. Para una organización la estación del año puede influir en el consumo energético (época de invierno o de verano), debido a que se encuentra ubicada en un clima de alta temperatura y humedad relativa y tiene alta demanda de energía para refrigeración y acondicionamiento de aire. En este caso, no se admitiría una línea de base que solo refleje el periodo de invierno para expresar el comportamiento de todo un año, pues en la época de verano siempre estaría

consumiendo más energía que la establecida en su línea de base.

No.2. ¿Una línea de base energética definida como el promedio del consumo mensual de energía del último año es adecuada? R/ Depende del proceso. Si es una planta productiva, no es correcto, porque cuando varíe la producción va a variar el consumo de energía de referencia y es posible que un mes consuma más que otro porque se produjo más y esto no tiene nada que ver con un mal desempeño energético. Este indicador serviría solo cuando tengo exactamente la misma cantidad de producción cada mes.

No. 3. ¿Una línea de base energética definida como el promedio del costo mensual de la energía del último año es adecuada? R/ No, porque cuando cambie la tarifa de energía cambia el costo, es decir la referencia. La tarifa es un factor externo a la empresa que no tiene que ver con el desempeño energético.

No.4. Se define como línea de base energética el promedio del índice de consumo energético del año anterior. Es decir, el valor promedio de la cantidad de energía consumida por unidad de producción mensual del año anterior. ¿Estará bien definida? R/ Indudablemente esta línea de base es una mejor referencia que el costo promedio de energía o la cantidad de energía promedio. Sin embargo, el índice de consumo de energía varía con el factor de carga o nivel de producción del proceso. A mayor factor de carga o nivel de producción el índice de consumo disminuye y no se debe precisamente a una mejora del desempeño energético o a la eficiencia energética sino simplemente a un incremento del nivel de producción realizado.

Si tomamos este indicador como línea de base puede ocurrir que en los meses de más bajos niveles de producción el índice se suba en comparación con la línea de base debido a problemas de ventas o mercado, mientras que en los meses de más alta producción (debido a alta demanda) este índice se baja con respecto a la línea de base. Entonces el desempeño energético sería una función de la demanda productiva y no del uso adecuado de la energía en el proceso. Lo cual induciría a simplemente trabajar por producir más y no en reducir las pérdidas energéticas asociadas a la operación, el mantenimiento o la tecnología.

Procedimiento para la elaboración de una línea de base energética

Considerando los requerimientos para establecer una LBE adecuada, en esta guía se pone a consideración el siguiente método para su desarrollo:

- a) Establecimiento del periodo base
- b) Definición de la muestra de datos mínima
- c) Definición de las variables se usarán para la normalización de la línea base
- d) Recopilación de datos
- e) Verificación del coeficiente de variación de los datos tomados
- f) Verificación de valor p y filtrado de datos
- g) Establecimiento del modelo estadístico
- h) Determinación de atributos del modelo.

A continuación se describen estos pasos, profundizando en los aspectos de mayor importancia.

a) **Establecimiento del periodo de la línea base:** La línea base debe establecerse a partir de la información de la revisión energética, tomando en cuenta un periodo de tiempo **adecuado**, lo que significa que:

1. El período usado debe incluir los ciclos normales de operaciones y un amplio rango de condiciones típicas. Normalmente esto significa un período de 12 meses.
2. Dentro del periodo seleccionado no debe haber habido cambios tecnológicos, energéticos u operativos significativos. Por lo general, retroceder más de cinco años implicaría demasiados cambios para formar una línea de base adecuada.
3. El periodo debe contener pocos eventos intermitentes e irregulares, tales como catástrofes naturales, alteraciones operativas o de mantenimiento extraordinarias, cambios en factores estáticos o paradas de servicio extensas de equipos importantes. Las palabras clave en este punto son "intermitente" e "irregular". Si los eventos son frecuentes, deben ser incluidos en la línea de base, ya que son parte del modo "normal" de operación.
4. Preferiblemente, debe haber una buena base de datos de información sobre el uso de energía y de las variables relevantes para el período de línea de base. Con frecuencia, un mejor monitoreo y registro de la información del uso de energía y las variables relevantes es una meta del programa de gestión de energía. En consecuencia, quizás sea inevitable que en primera instancia la línea de base presente inexactitudes asociadas a deficiencias sobre la información disponible.

Un periodo normal recomendado para establecer la línea de base es el último año de trabajo de la empresa, área o equipo relacionado, siempre que no hayan existido cambios de los procesos o los equipos y sistemas que afecten significativamente el consumo de energía del área que representa la línea de base.

- b) **Definición de la muestra de datos mínima:** Es la estimación inicial del tamaño de muestra necesario, antes de comenzar el muestreo de la población total de datos disponible. Para definir este tamaño debe asumirse un coeficiente de variación que será verificado en pasos posteriores.
- c) **Definir las variables que van a línea base:** Si la organización tiene evidencia de que existen variables relevantes que afectan el desempeño energético y esas variables no son controlables, entonces es necesario normalizar la línea base con las mismas. Ejemplo: cantidad de producción, temperatura ambiente, etc.
- d) **Recopilación de datos correspondientes al periodo base:** Son una **muestra** de datos de una **población representativa** del comportamiento del proceso a modelar. El número de datos de la población total **depende de la frecuencia de la medición de los datos**. Los datos que se van a correlacionar deben ser tomados en iguales intervalos de tiempo. Ej. 7 a.m a 7 a.m, tanto producción como consumo. Debe revisarse que no han existido eventos conocidos de

descalibración de equipos de medición, registros manuales inadecuados, datos ajustados; datos en condiciones anormales de producción, eventos intermitentes o irregulares, etc.

- e) **Verificación del Coeficiente de Variación de los datos tomados:** Recordamos que para determinar el número mínimo de datos de la muestra asumimos un coeficiente de varianza. Para que esa condición se mantenga debemos verificar que los datos reales tomados tienen el valor de CV asumido o menor que ese. En caso que no sea así se debe ampliar la muestra de datos hasta llegar al CV asumido o recalcular el número mínimo de datos con el CV real calculado de la muestra tomada.
- f) **Verificación de significancia de las variables seleccionadas y filtrado de datos:** consiste en determinar si la relación entre el consumo de energía y la variable o variables independientes utilizadas para la elaboración del modelo de línea base es significativa o no. En este proceso se utilizan pruebas estadísticas, por ejemplo una prueba de hipótesis teniendo en cuenta el correspondiente valor p.

En caso de que la relación no sea significativa se deben filtrar los datos con comportamientos atípicos y sacarlos de la muestra. Si este proceso se repite hasta obtener un número de datos menor al tamaño mínimo de la muestra (determinado en el segundo paso) los datos utilizados no cumplen los lineamientos estadísticos para demostrar significancia y deben ser revisados. Algunas posibles causas de esta situación son:

- La variable dependiente seleccionada no es significativa para el consumo de la energía.
- Medición con equipos temporalmente fuera de calibración
- Cambio de equipos de medición durante el periodo base
- Errores humanos en el registro de la medición
- Registros de medición en condiciones atípicas de producción
- Inclusión de datos estimados en los registros de medición
- Períodos diferentes de medición del consumo de energía y las variables que lo afectan (por ejemplo, producción)
- Registros de producción “forzados” no reales (estimaciones, prorrateos de producciones en proceso como terminadas etc...)
- Mezclas de datos antes de modificaciones de equipos o áreas y después de las modificaciones.

Cuando se esté evaluando más de una variable relevante, el valor p permitirá identificar cuáles de estas variables son significativas. Para establecer el modelo de la línea base solo se tendrán en cuenta estas variables.

- g) **Establecer el modelo estadístico de línea base normalizado.**

El modelo normalizado para representar los cambios del consumo en función de las variables relevante se propone lineal. Esto no quiere decir que la variación real sea lineal, sino que puede representarse de forma lineal.

A continuación se presentan diferentes modelos que pueden utilizarse. El tipo de modelo dependerá de las condiciones de cada empresa e involucra principalmente la información de variables relevantes usadas para la normalización. Se exponen tres tipos de modelos: univariable, donde el consumo se normaliza con una única variable (generalmente producción); multivariable, donde el consumo se normaliza con más de una variable relevante; y producción equivalente, donde el consumo asociado a diferentes productos obtenidos de un mismo proceso, se expresa en función de uno solo de los productos.

- **Línea de base Energética Univariable**

Esta representación se basa en que el consumo de energía de cualquier proceso tiene un componente fijo que no depende de la producción realizada y otro componente variable que si depende de la cantidad de producción.

El componente fijo se asocia tanto a condiciones para mantener el proceso (tales como iluminación, ventilación, energía para arranques) como a energía que se está desperdiciando debido a trabajos en vacío de equipos, consumo durante cambios de productos, pérdidas de energía constantes de proceso o aspectos similares. El componente variable se asocia con energía para transformar la materia prima y puede representarse como una constante de consumo unitario de energía por la cantidad de producto realizado.

Bajo este planteamiento el modelo lineal puede expresarse como:

$$E = m * P + E_0$$

Donde:

- E- consumo total de energía
- E₀-corresponde al valor medio de la energía no asociada a la producción (Ej. Pérdidas constantes de energía + energía almacenada + energía en materiales de desecho + energía consumida durante cambios de productos + energía en arranques y paradas típicos + energía por ineficiencias de mantenimiento constantes + energía en iluminación, ventilación y servicios auxiliares, etc. u otros aspectos que no dependen de la producción realizada)
- m- índice de consumo de transformación de la materia prima del proceso o razón de cambio de E vs P que se refleja en la pendiente de la ecuación.
- P- cantidad de producto transformado.

Este modelo teórico puede ser obtenido mediante un gráfico de regresión lineal con datos seleccionados en el periodo adecuado de establecimiento de la línea de base

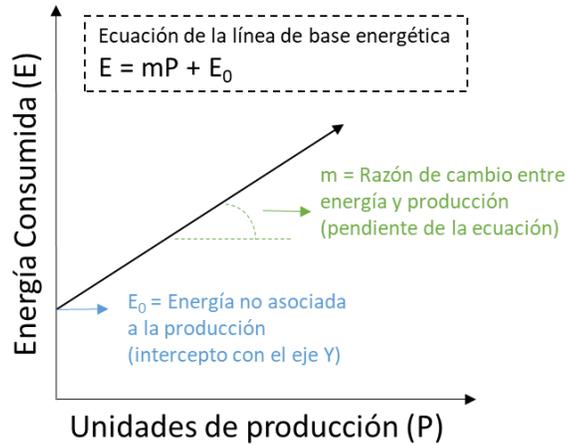


Ilustración 13. Elementos de una línea de base energética univariable

En el siguiente ejemplo se presenta una línea de base energética para una línea de producción en una planta del sector cerámico, levantada usando información de datos de producción y energía diarios durante un periodo de tiempo de un año.

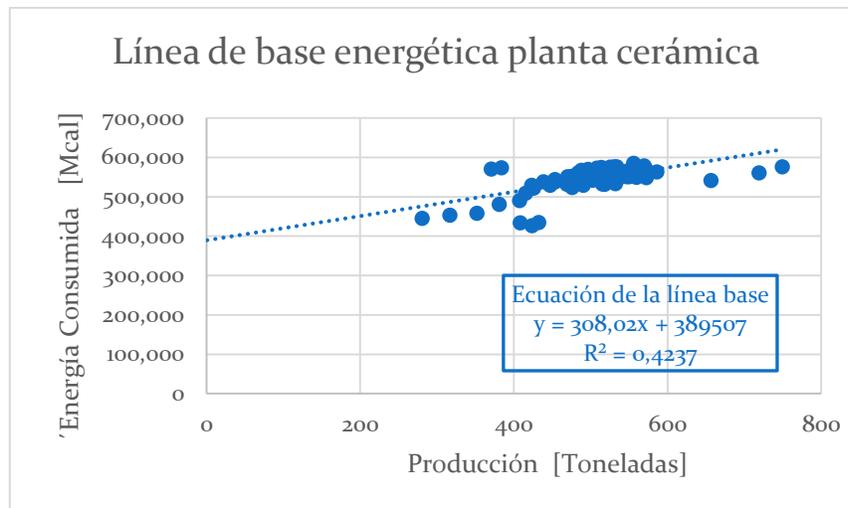
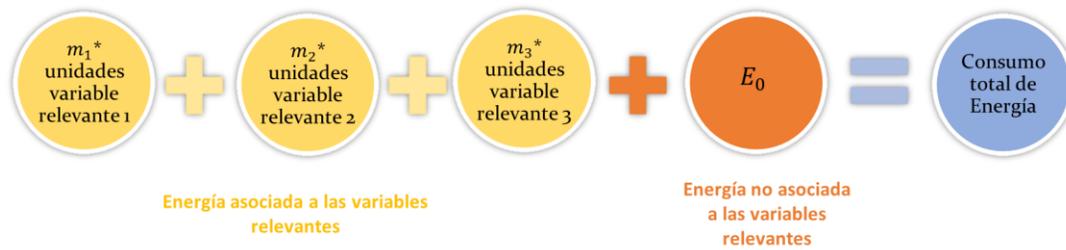


Ilustración 14. Ejemplo de una línea de base energética univariable para una planta del sector cerámico

- **Línea de base Energética Multivariable**

Es necesaria cuando se requiere normalizar la línea base con más de una variable relevante. Por ejemplo puede aplicarse en un USE correspondiente a una línea de producción donde se producen tres referencias A,B y C, o en un proceso productivo donde, además de la cantidad producida, los cambios de temperatura tienen un alto impacto en el consumo de energía. En este caso, cada variable relevante tendrá una razón de cambio (m) y se contará con un factor E_0 , correspondiente a energía no asociada a ningunas de las variables relevantes.

Figura 1. Elementos de una línea de base multivariable.



La ecuación de línea base multivariable me permite normalizar el consumo de energía en función de esas tres variables relevantes para el consumo de energía que además no pueden ser objeto de control para mejorar el desempeño ya que responden a compromisos productivos de ventas.

Ejemplo ecuación multivariable:

En una planta de fabricación de jarabes se usa un proceso de carbonatación por el cual se introduce el CO₂ a la bebida para que adquiera sensación de frescura al consumirla. Este proceso se realiza a presión y a baja temperatura produciendo un impacto en el consumo de los equipos y sistemas auxiliares significativos en el proceso. De esta manera, el consumo de energía eléctrica es influenciado significativamente no solo por la cantidad de bebida envasada, sino también por la temperatura a la cual se produce el proceso de carbonatación. La empresa mantiene la información de consumos y de valores históricos de las tres variables según se muestra en la Tabla 6.

Mes	Variables dependientes		Variables independientes
	Producción (Kg/mes)	Temperatura carbonatacion °c	Consumo (KWh/mes)
ene	5.150	10	19.780
feb.	8.600	12	21.844
mar.	9.300	14	25.628
abr.	8.250	11	22.876
may.	12.215	15	29.584
jun.	11.500	15	29.584
jul.	3.064	8	13.416
ago.	2.584	9	17.028
sep.	6.453	11	22.879
oct.	9.027	13	28.899
nov.	9.768	15	29.756
dic.	9.239	13	24.596
ene.	2.072	7	11.352
feb.	7.003	9	18.748
mar.	6.003	8	17.200
abr.	6.820	9	18.060
may.	6.852	10	19.436
jun.	8.639	10	19.264
jul.	5.914	9	18.060
ago.	7.118	11	20.468
sep.	8.677	12	21.470
oct.	10.984	15	24.768

Tabla 6. Registros históricos de producción, temperatura de carbonatación y consumo de energía utilizados para la realización de la línea de base energética multivariable.

Bajo este análisis, se procedió a correlacionar el consumo de energía con las dos variables relevantes que impactan significativamente dicho consumo: producción (Kg/mes) y temperatura de carbonatación (°C). Se validó que ambas variables fuesen significativas en el valor del consumo y se revisó el coeficiente de determinación.

De esta manera, se obtuvo la siguiente ecuación para la línea de base energética:

$$Y = 0,393 * Producción + 1519,48 * Temperatura + 1636,31; kWh/mes$$

$$R^2 = 0,94$$

- **Producción equivalente**

En algunos casos es posible llevar una línea base multivariable a una línea base univariable utilizando la técnica de “Producción equivalente”, lo que permitirá expresar la línea base de una manera más comprensible para los operadores y el personal de planta.

La línea base de la producción equivalente univariable, a diferencia de la multivariable, me permite representar la correlación del consumo de energía con la variable relevante en un plano y determinar gráficamente el consumo meta alcanzable por variabilidad de la producción y la gestión del mantenimiento.

En casos de tecnologías, equipos o procesos que producen varias referencias al mes, generalmente el consumo de energía para una tonelada de un tipo de referencia es diferente que para la misma tonelada de otro tipo de referencia. Por tanto, el consumo de energía mensual se verá afectado por la cantidad de toneladas realizadas de cada referencia y esto no tiene que ver con el desempeño energético de la línea o equipo.

Para hacer una evaluación correcta del desempeño energético es necesario que la comparación no este afectada por el cambio de la cantidad mensual producida de cada referencia en el consumo de energía total. Es decir, se necesita normalizar el desempeño energético.

Para normalizar el consumo de energía se refieren todos los tipos de producción a una sola. La referencia se realiza por consumo de energía.

Ejemplo de Línea de Base Energética por producción equivalente:

Supongamos un proceso con dos tipos de referencias donde la producción se registra en toneladas. Si producir una tonelada de la referencia A requiere 2 kWh/mes y una tonelada de la referencia B, 1 kWh/mes, la tonelada de la referencia A equivale en energía a 2 toneladas de la referencia B.

Si al final del mes la producción realizada fue de 10 toneladas de A y 20 toneladas de B, en términos energéticos puede decirse que se produjeron 20 toneladas equivalentes a la referencia A, en lugar de 30 toneladas físicas.

La ecuación de la línea base se hace como una función univariable de consumo de energía en función de las toneladas equivalentes de la referencia A:

$$E = m*(\text{unidades equivalentes de referencia A}) + E_0$$

$$1 \text{ unidad equivalente de referencia A} = 1 \text{ unidad de referencia A}$$

$$1 \text{ unidad equivalente de referencia A} = 2 \text{ unidades referencia B}$$

Esto permite normalizar el consumo de la línea base para normalizar la evaluación del desempeño.

La evaluación del desempeño se hará midiendo el consumo de energía y la cantidad de toneladas realizadas para cada referencia en un mes. Con esas toneladas por referencia, se hallan las toneladas equivalentes producidas. Con las toneladas equivalentes se halla en la ecuación de la línea base cuánto hubiera consumido en el periodo base. Comparo ese valor, con el valor real del consumo y observo si mejoré mi desempeño respecto al periodo base o lo empeoré.

En esta comparación se elimina la influencia de la cantidad producida por referencias en el consumo de energía y por tanto en el desempeño energético controlable por la gestión de la operación y del mantenimiento en el proceso.

- h) **Determinar atributos del modelo.** Una vez determinado y validado el modelo de la línea base pueden determinarse los atributos que lo describen. Los atributos pueden ser estadísticos (para establecer el grado de ajuste del modelo a la realidad del proceso) o físicos (para indicar e interpretar lo que ocurre el proceso desde el punto de vista energético a partir de los resultados del modelo) según se describe a continuación:

Atributos Estadísticos

- **Población confiable:** Período representativo del comportamiento del proceso que cubre toda la variación posible de las variables significativas.
- **Datos confiables:** Cantidad de datos de la muestra de la población confiable de datos para elaborar el modelo con un grado de confiabilidad y precisión deseadas.
- **R²-** El coeficiente de determinación del modelo estadístico, indica en qué grado la variable o variables relevantes seleccionadas explican la variación del consumo.
 - **Confiabilidad:** Que porcentaje de la población de datos puede ser descrito por el modelo, con el r² obtenido.

Atributos Físicos

- **Eo:** Consumo de energía no asociado a la variable independiente sino a la variabilidad operacional y del estado técnico del equipo o proceso.
- **Coefficientes de las variables-** Energía consumida por unidad de la variable independiente.
- **Variable dependiente:** Consumo de energía estimado por el modelo
- Cada línea base realizada puede expresarse a través de una ficha de línea base que la caracterice, en la Tabla 7 se muestra un ejemplo.

Tabla 7. Ejemplo Ficha de Línea base Univariable

MODELO	$Y = 0,0003^* \text{ Volumen de Inyección} + 7,8 \text{ MWh/4h}$
Coefficiente de determinación	39%
Energía no asociada a la producción (variable independiente)	7,8 MWh/4h
Razón de cambio del consumo con la producción (variable independiente)	0,0003 MWh por cada incremento de un barril de agua en la inyección.
Periodo base	Mayo 2018-Octubre 2018
Variables estáticas	Operación de 2 bombas; control de flujo por válvula de estrangulación; arrancador suave.

Revisión y actualización de la línea de base energética.

Las líneas de base energética sirven a una organización para medir sus mejoras en el desempeño energético y por lo tanto representan un elemento esencial para verificar el cumplimiento de metas energéticas y los beneficios de un SGE. Puede ocurrir que existan cambios en los USE o en la organización que no permitan a la línea base o IDE seguir desempeñando esta función. En este caso, debería optarse por actualizar las líneas de base y/o los indicadores de desempeño energético.

Estas situaciones generalmente se relacionan con modificaciones en los factores estáticos (por ejemplo, cambios de tecnología, ampliaciones de planta, cambios importantes en el mix de productos de la empresa etc.). Cuando ocurran este tipo de cambios, es importante que la empresa evalúe si las líneas de base energética siguen siendo adecuadas para la medición de su desempeño energético o si deben modificarse. Adicionalmente la organización podría determinar otros criterios para la actualización de la línea base, por ejemplo, realizarla anualmente para tener en cuenta los cambios durante el último año de la empresa.

Es de resaltar que los cambios en los factores estáticos pueden haber obedecido a planes de acción de mejora establecidos por la empresa. En este caso la línea base seguiría siendo una buena medida para medir mejoras del desempeño energético ya que permitirá contrastar el comportamiento del desempeño energético antes y después de la implementación de mejoras.

Estudio de caso: Normalización de la LBE en procesos con un producto final e inventario de materia prima semiprocesada

A continuación, se presenta un caso de estudio donde se aplica el concepto de normalización a la producción, tomado del libro “Metodología para la planificación energética a partir de la norma ISO 50001”.

La producción de barras de acero a partir de chatarra, consta de tres procesos principales correspondientes al acondicionamiento de la materia prima, fusión, y laminación. El producto final son varillas fabricadas como transformación de la chatarra. En la Ilustración 15 se observa el diagrama de bloques del proceso, indicando las etapas asociadas, los requerimientos de energía y el almacenamiento de material semiprocesado.

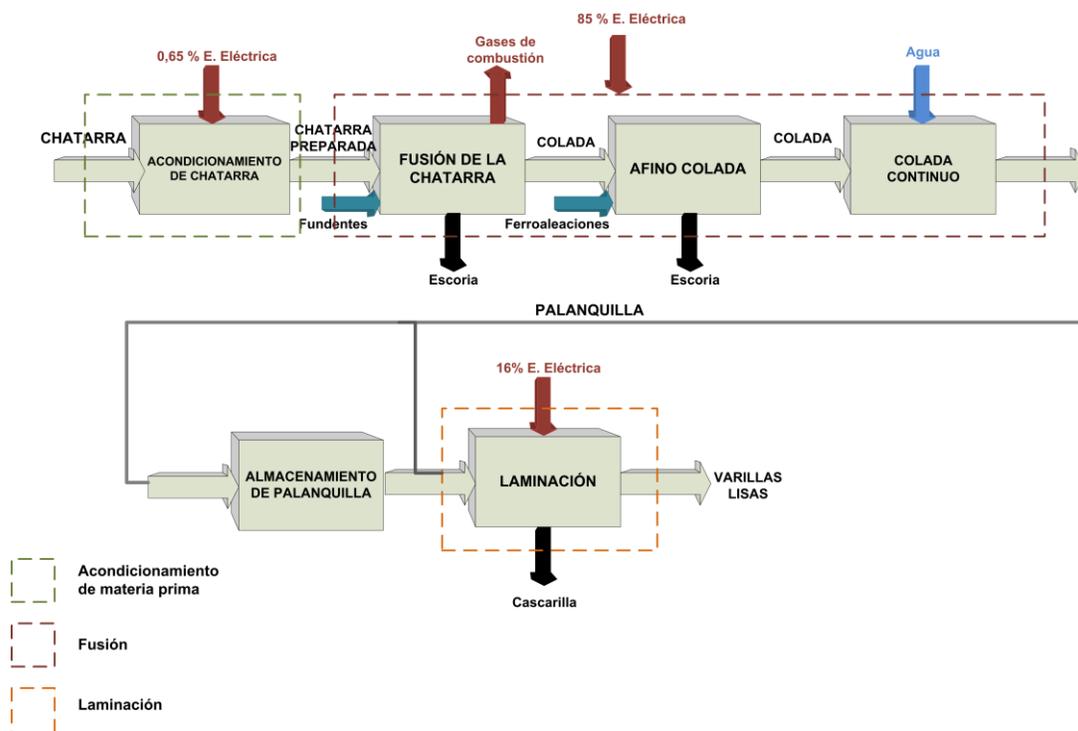


Ilustración 15. Diagrama energético-productivo del proceso de fabricación de varillas de acero

Se requiere establecer una línea de base de energía eléctrica para el proceso, a partir de la cual sea posible definir indicadores de desempeño energético para la evaluación de la eficiencia energética de la planta.

Condiciones iniciales. Se estima la LBE del proceso, como un modelo de regresión lineal, tomando como producto final las toneladas totales de varillas producidas. De tal modo, a partir de las lecturas diarias de mediciones consumo de energía eléctrica del proceso y de registro de las toneladas de varillas producidas, se realiza el gráfico de dispersión de energía frente a producción, y se ajusta la tendencia de los puntos a la ecuación de una línea recta (ver Figura).

Como resultado, el coeficiente de correlación cuadrático entre el consumo de energía eléctrica y la producción, es bajo ($r^2 = 0,082$), y el indicador de consumo al final (kWh/t) no refleja adecuadamente la eficiencia energética de este proceso.

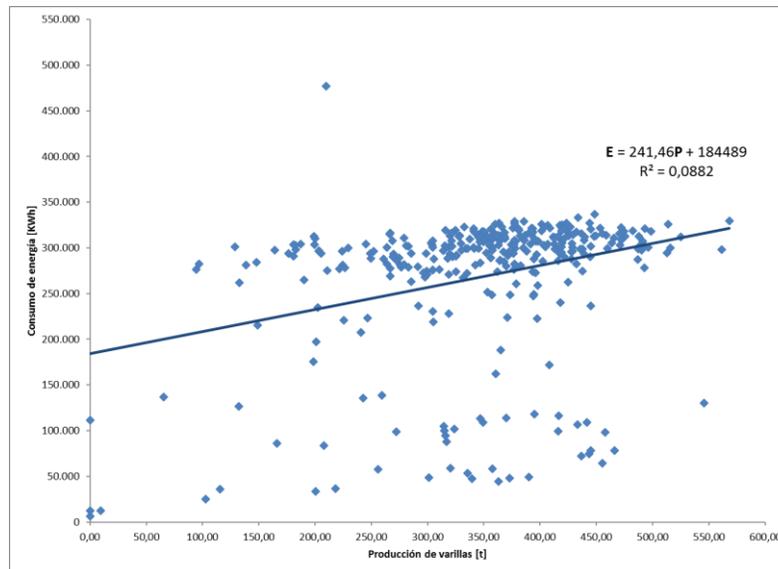


Ilustración 16. Estimación de la LBE en el proceso de fabricación de varillas de acero, tomando como producto las varillas al final del proceso

Causa de la elevada dispersión

La elevada dispersión presentada en los datos, se atribuye a que algunas toneladas de varilla, en un período determinado de tiempo, fueron fabricadas a partir de palanquillas en inventario producidas en un período anterior. Por lo tanto, energéticamente, estas tendrán menor consumo asociado que aquellas producidas, en el mismo período, las cuales pasaron por todas las etapas del proceso productivo.

El problema que puede ocasionarse al no considerar la variación del inventario de palanquilla en la producción final, resulta en la evaluación de los Indicadores de Desempeño Energético, pues al compararse con esta LBE se obtendrán períodos de marcada eficiencia, cuando se produzcan varillas a partir de palanquilla almacenada durante el día.

Solución. Una vez se constata la variación diaria en el inventario de palanquilla y el consumo de energía eléctrica, en cada una de las áreas y en el total del proceso, se realiza un procedimiento matemático y un análisis desde el punto de vista energético. En este, dichas producciones son llevadas a un equivalente, que para este caso llamaremos varilla equivalente. Partiendo de tal premisa, se calcula la producción equivalente:

$$P_{Varrilla_equivalente} = P_{varilla} \pm P_{equivalente} \Delta_{p.a}$$

$$P_{equivalente} \Delta_{p.a} = \Delta_{p.a} \times F_{c.e}$$

$$F_{c.e} = \frac{\text{Consumo E.E Palanquilla}}{\text{Consumo Total de E.E}}$$

Donde:

$P_{\text{varilla_equivalente}}$ = producción equivalente en varilla fabricada [t]

P_{varilla} = producción neta de varillas producidas [t]

$F_{c.e}$ = factor de consumo energético de palanquilla

$\Delta_{p.a}$ = variación del inventario de palanquillas almacenadas [t]

P varilla equivalente son las toneladas de varillas que tendrían el mismo consumo de energía que una palanquilla. De esta forma podemos expresar las palanquillas procesadas en toneladas de varillas equivalentes en consumo de energía. Como el consumo de energía de una palanquilla es menor que el de una varilla el valor de $F_{c.e} < 1$.

De la misma manera, se aplica la Ecuación, teniendo en cuenta los parámetros de variación en el inventario y el factor de consumo de energía eléctrica, con el cual se calcula la producción equivalente para el proceso, presentado a modo de resumen en la siguiente tabla:

Tabla 8. Cálculo de producción equivalente para el proceso de fabricación de varillas de acero

Día	Varilla producida [t]	INVENTARIOS [t]		FACTOR DE CONSUMO $\frac{\text{kWh}_{\text{palanquilla}}}{\text{kWh}_{\text{totales}}}$	Producción Equivalente [t]
		Inventario [t]	Variación en el Inventario [t]		
1	0.0	1.192,00			
2	202,5	1.182,65	-9,35	0,86	194,459
3	200,78	1.267,48	84,83	0,86	273,7338
...
365	210.93	1.524,76	259,04	0,89	441,4756

Posteriormente, se realiza el gráfico de dispersión del consumo de energía frente a producción equivalente para el período de análisis y se obtiene una línea de base energética normalizada, que muestra una correlación fuerte entre las variables ($r^2 = 0,98$). En consecuencia, la ecuación base estimada es adecuada para hacer seguimiento al desempeño energético del proceso.

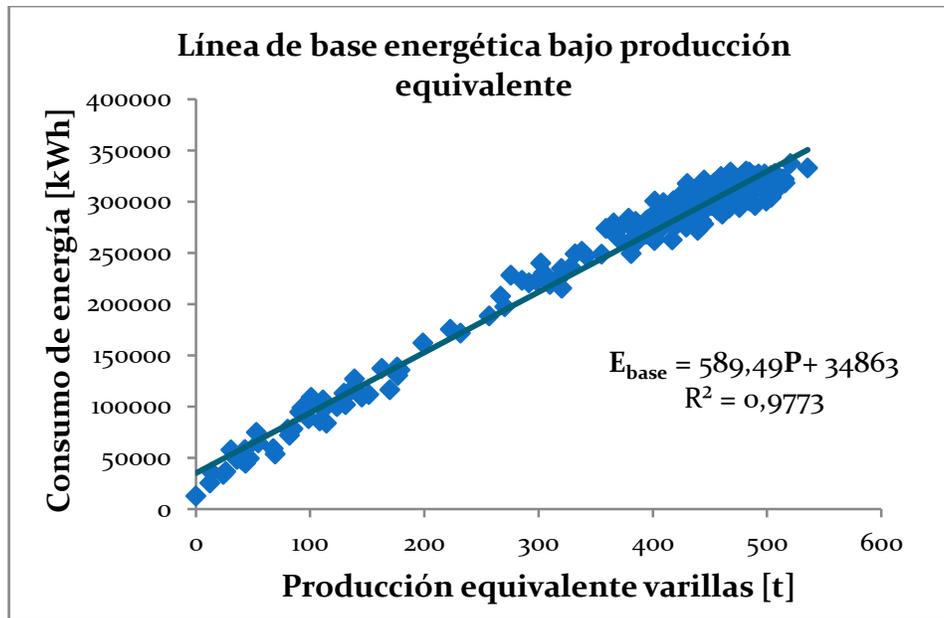


Ilustración 17. Estimación de la línea de base de energía en el proceso de fabricación de varillas de acero – producción equivalente

Información documentada asociada a las Líneas de Base Energética

- Información de líneas de base energética incluyendo datos de las variables relevantes y los factores estáticos
- Método de elaboración de la línea de base energética

2.8. Utilización de los Indicadores de desempeño energético para medir cambios en el desempeño energético

Al utilizar un IDE para medir cambios en el desempeño energético la organización debe asegurar la **comparación del valor real del parámetro con el valor deseado del mismo, obtenido por una línea base**. Igualmente es necesario que la línea base entregue un valor del indicador normalizado como se analizó en el capítulo anterior.

El parámetro a medir a través del indicador de desempeño es definido por la organización y puede ser: consumo de energía por unidad de tiempo; consumo específico de energía por unidad de tiempo; la eficiencia energética de un equipo u otro que la empresa determine. La medición del desempeño al utilizar el indicador debe siempre realizarse utilizando la

comparación del indicador definido con su línea base. Ej. Consumo de energía real comparado con el consumo base; consumo de energía por unidad de producción real, con el consumo de energía por unidad de producción base etc.

La industria utiliza distintos tipos de indicadores energéticos, sin embargo no todos son adecuados para medir la mejora del desempeño energético de acuerdo a los lineamientos de un SGE. En la Tabla 9, se muestran los tipos de indicadores más usados en la industria y sus ventajas y desventajas para uso como indicadores de desempeño energético:

De manera general, los Indicadores de Desempeño Energético no son apropiados cuando:

- No son comparables con sus respectivas líneas base.
- No están normalizados en función de las variables relevantes no controlables que afectan en forma significativa el desempeño energético
- No son cuantitativos
- No son medibles, sino estimados.
- No reflejan los cambios en el uso, el consumo y la eficiencia energética del elemento donde se evalúa.
- No permiten evaluar los cambios en el desempeño energético respecto a la línea de base energética.
- No permiten un análisis acertado o adecuado de la desviación significativa del desempeño energético.

Otros elementos de análisis para la implementación y seguimiento de indicadores de desempeño energético pueden ser consultados en la norma ISO 50006.

Tabla 9 Indicadores Típicos, ventajas y desventajas

Tipo de indicador	Descripción	Uso	Ventajas	Desventajas	Observaciones
Consumo específico de energía en la industria	Energía/(producción o resultado). Ej. KWh /Kg; KWh /unidad; MMBTU/Ton	Evaluación del desempeño energético mediante el consumo unitario de energía	Muy usado en la industria. Permite asociación al costo unitario de energía.	Es influenciado por los cambios en la producción o la variable unitaria (denominador) de los períodos a comparar.	Requiere ser utilizado para iguales valores de la producción de los períodos a comparar. Requiere ser utilizado mediante línea base del indicador.
Presupuesto de energía	Energía*Tarifa Ej. \$/mes; \$/año de energéticos.	Evaluación del desempeño energético mensual mediante cumplimiento del presupuesto de energía.	Indicador usado en otras áreas. Cultura de uso a nivel gerencial.	Es influenciado por los cambios en la producción o la variable unitaria (denominador) de los períodos a comparar.	Requiere ser utilizado para iguales valores de la producción de los períodos a comparar. Requiere ser utilizado mediante línea

					base del indicador.
Consumo específico de energía en sector comercial	Energía/parámetro Ej. kWh /m2 de superficie; kWh /visitante	Evaluación del desempeño energético mediante el consumo de energía referido a: m2 de superficie; personas visitantes; número de empleados	En caso de que el consumo de energía se refiera a parámetros que no cambian (m2 de superficie) es preciso. En caso contrario no.	En caso de que el consumo de energía este referido a parámetros que cambian (cantidad de empleados; visitantes), es influenciado por los cambios de estos parámetros de los periodos a comparar.	Requiere ser utilizado para iguales valores de los parámetros que pueden cambiar de los periodos a comparar. Requiere ser utilizado mediante línea base del indicador.
Consumo de energía/ unidad de tiempo	kWh/ mes; kWh/año	Evaluación del desempeño por consumo de energía en iguales periodos de tiempo.	Permite rápida asociación al costo de la energía.	Es preciso para evaluar el desempeño, solo cuando las variables no controlables por la gestión se mantienen constantes (temperatura ambiente, producción, visitantes etc..)	Requiere ser utilizado mediante línea base del indicador.
Modelos de línea base	$E = m \cdot P + E_0$ $E = m_1 \cdot V_1 + m_2 \cdot V_2 + \dots + m_n \cdot V_n + E_0$ <p>Donde: E= consumo de energía m₁, m₂... m_n = constantes del modelo P = producción V₁, V₂, ... V_n = variables significativas no controlables E₀ = constante</p>	Evaluación del desempeño energético mediante comparación del indicador real con un indicador base, obtenido mediante un modelo univariable o multivariable, estadístico, en un periodo base	Mayor precisión en la evaluación del desempeño al considerar más variables.	Mayor complejidad por la elaboración de la línea base y la identificación de las variables que deben integrar el modelo.	Requiere de una selección adecuada de la información del periodo base, de las variables que intervienen en el modelo y de la verificación del grado de significación del modelo.

Indicadores usados en la medición de mejora del desempeño energético

Para medir las mejoras del desempeño energético respecto a la línea base pueden utilizarse indicadores de desempeño energético como los descritos a continuación:

a) Indicador base 100:

Es un indicador de gestión energética que refleja el comportamiento de los resultados del desempeño energético respecto a la línea de base energética tomando como cumplimiento el valor 100 (es decir, el valor 100 indica un valor igual al de la línea base).

Representa en qué porcentaje el consumo de energía de un área, proceso o equipo, ha alcanzado el valor del consumo de la línea de base energética, para iguales cantidades de la variable relevante con la que se construyó la línea base (Generalmente producción).

Permite conocer en qué porcentaje se aumentó o disminuyó el desempeño energético por causa de un cambio en la eficiencia energética de la tecnología o el proceso, un cambio en las prácticas de uso de la energía o un cambio en el consumo, influenciado por el estado técnico o del mantenimiento de la tecnología.

El indicador se forma por la siguiente expresión:

$$IB_{100} = (ELB / E_r) * 100$$

ELB = Energía que teóricamente se debió consumir según la línea base ($m * P + E_0$)

E_r = valor real del consumo de energía medido.

P = Producción realizada medida, para el valor de consumo E_r .

Si **IB 100 > 100%** hay una **mejora del desempeño** ya que el consumo de energía fue inferior al de la línea de base para ese nivel de producción realizado.

Si **IB 100 < 100%** hay una **disminución del desempeño** ya que el consumo de energía fue superior al de la línea de base para ese nivel de producción realizado. (Ver ilustración a continuación)

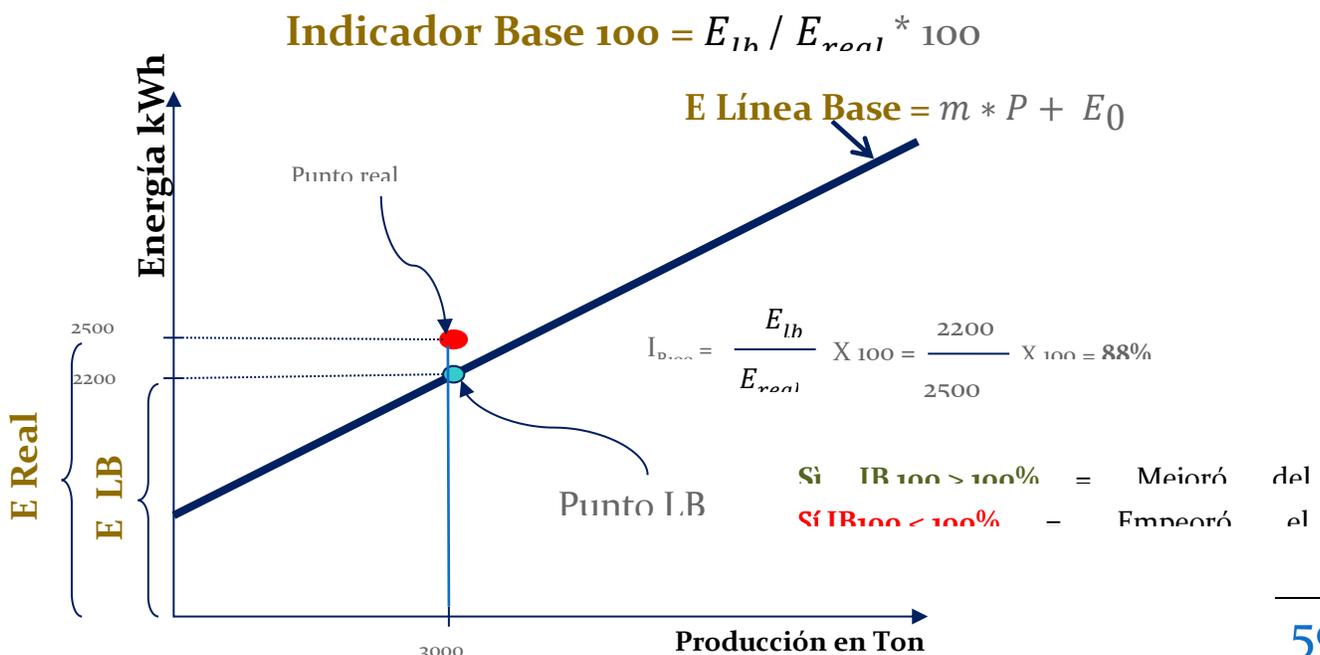


Ilustración 18 Descripción gráfica del IB100

El valor del indicador, en el intervalo de tiempo que sea calculado (horario, diario, mensual, etc.) puede ser graficado. El valor 100 representa un comportamiento igual al de la línea base, por encima de 100 será la zona de conformidad del desempeño y por debajo de 100 la zona de no conformidad del desempeño.

La empresa debe definir cuánto, por encima de 100, como por debajo de 100, considera una desviación significativa del indicador para realizar análisis cuando se supere este valor.

Los resultados del análisis de la desviación significativa del indicador, así como las acciones (correcciones, acciones correctivas o preventivas) tomadas para mantener el indicador dentro del buen desempeño energético, deben quedar registradas.

Fecha	Producción, TM/día	Consumo, kWh/día	Consumo teórico (Según LBE) kWh/día	IB100 (%)
1/05/2019	28,83	13865	15.051,30	109%
2/05/2019	22,09	13119	13.683,81	104%
3/05/2019	23,44	13684	13.957,16	102%
4/05/2019	13,48	11458	11.935,62	104%
5/05/2019	27,89	14362	14.860,79	103%
6/05/2019	23,07	14036	13.880,98	99%
7/05/2019	26,20	13902	14.516,64	104%
8/05/2019	20,69	12787	13.399,52	105%
9/05/2019	24,11	13265	14.092,24	106%
10/05/2019	19,12	12782	13.080,86	102%
11/05/2019	17,71	12536	12.793,90	102%
12/05/2019	26,68	14452	14.614,75	101%
13/05/2019	27,93	13936	14.868,08	107%
14/05/2019	26,16	14083	14.508,69	103%
15/05/2019	28,77	13871	15.038,06	108%
16/05/2019	23,26	13846	13.919,51	101%
17/05/2019	20,28	11511	13.315,51	116%
18/05/2019	16,07	10592	12.460,40	118%
19/05/2019	27,67	14290	14.815,90	104%
20/05/2019	24,21	14223	14.112,88	99%
21/05/2019	26,43	13811	14.564,47	105%
22/05/2019	24,66	13585	14.204,20	105%
23/05/2019	21,54	14225	13.570,79	95%
24/05/2019	22,06	13798	13.676,75	99%
25/05/2019	18,37	13246	12.928,55	98%
26/05/2019	25,13	13996	14.298,98	102%
27/05/2019	24,35	14404	14.142,03	98%
28/05/2019	19,24	12964	13.105,51	101%
29/05/2019	25,74	13685	14.424,36	105%
30/05/2019	22,15	13437	13.695,07	102%

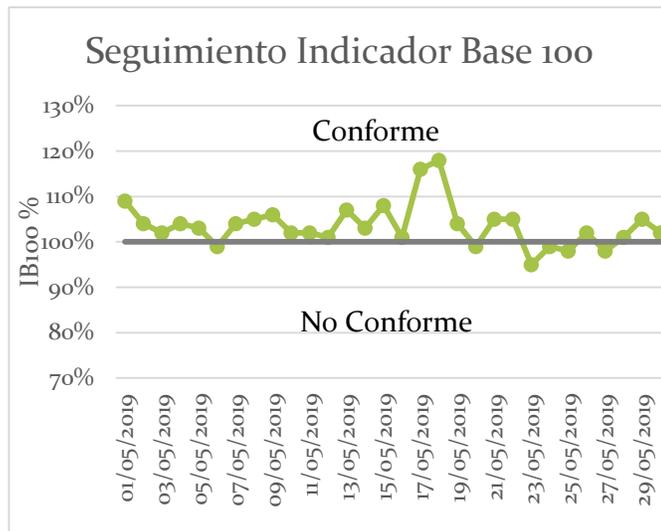


Ilustración 19 Registro y seguimiento del Indicador Base 100

Para el ejemplo presentado en la ilustración se evidencia que del 23 al 27 de mayo hubo algún evento que afectó el desempeño energético, generando un indicador por debajo de 100%.

b) Indicador de tendencia del desempeño Energético

El indicador de tendencia del desempeño energético consiste en conocer cuál es la tendencia acumulada de las desviaciones del consumo de energía real respecto al de la línea de base energética.

La tendencia de las desviaciones puede tener tres alternativas de comportamiento:

- ✓ Oscilaciones entre valores negativos y positivos alrededor del valor cero: indica que no existe una variable relevante que mueva la tendencia de forma permanente hacia arriba o hacia abajo del valor o. Por tanto, sería indicativo que el proceso está bajo control y no está impactado por una mejora o desmejora del desempeño.
- ✓ Tendencia ascendente sobre el valor cero: indica que las desviaciones del consumo de energía real respecto al consumo de la línea de base energética se mantienen, es decir, que el consumo real es mayor al consumo base.
- ✓ Tendencia descendente sobre el valor cero: el consumo real es menor que el consumo base.

Si hay un cambio de tendencia de ascendente a descendente o viceversa, indica el efecto de una o más variables relevantes sobre el consumo de energía. Un cambio de pendiente del gráfico ascendente o descendente indica también la influencia de una nueva variable en el mismo sentido de la tendencia. Es decir, me indica la presencia de un factor permanente que afecta esa desviación.

Para construir el indicador de tendencia de desempeño energético se utiliza la técnica estadística CUSUM (cumulative-sum) que significa suma acumulada. Los gráficos CUSUM se basan en la representación de la acumulación de las desviaciones de cada observación respecto a un valor de referencia.

Con la técnica CUSUM se obtendrá la suma acumulativa de las desviaciones del valor del consumo de energía real respecto al consumo de la línea de base energética. Para ello, es necesario calcular la diferencia entre el consumo energético real y el consumo de la línea de base energética:

$$\text{Suma acumulativa} = (E_r - E_{LB})_i + (E_r - E_{LB})_{i-1}$$

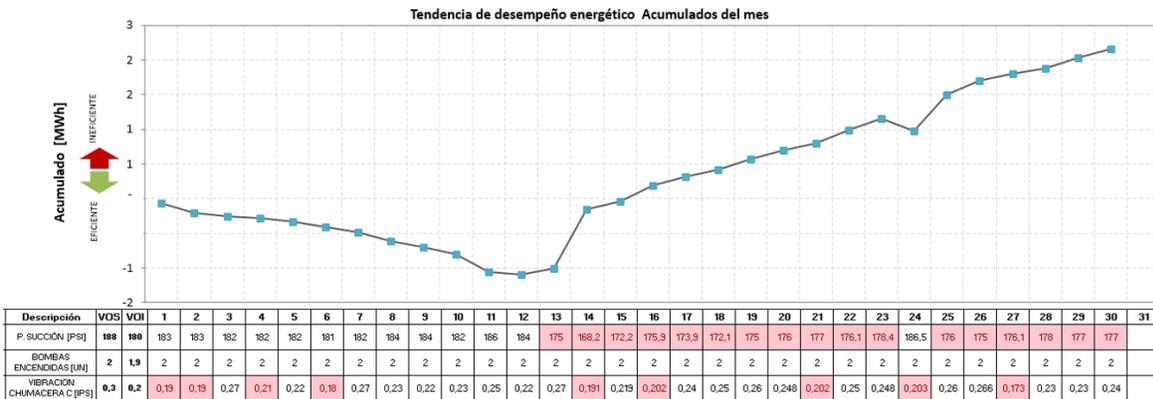
Donde:

$(E_r - E_{LB})_i$: Diferencia entre el valor del consumo de energía real respecto al consumo de la línea de base energética para el periodo i .

$(E_r - E_{LB})_{i-1}$: Diferencia entre el valor del consumo de energía real respecto al consumo de la línea de base energética para el periodo inmediatamente anterior.

El primer valor de desviación del consumo de energía en la suma acumulativa coincide con $E_r - E_{LB}$. El segundo valor de la revisión de la desviación, en la suma acumulativa, es la suma de la primera desviación más la segunda y así sucesivamente.

Para seguimiento de la tendencia de consumo se grafica el comportamiento de los valores de las sumas acumulativas durante el período de estudio como se muestra en la Ilustración 20.



- 3 Bombas de inyección de 2250 HP
- Sin variador de velocidad
- Control de flujo por válvulas
- Arrancador suave
- No registran nivel de estrangulamiento de válvula de descarga
- No registran punto de operación bomba

Acumulado = Suma Acumulativa ($E_{real} - E_{LB}$)

Ilustración 20 Gráfico tendencia acumulada del desempeño energético

Ventajas del indicador de tendencia

- Indica la tendencia del desempeño en un periodo dado.
- Permite saber el momento de cambio de tendencia y asociarlo con el cambio de las variables de control operacional o eventos.
- El valor final cuantitativo es el ahorro o desahorro obtenido del desempeño en el periodo analizado.
- Permite cuantificar en el tiempo cuánto cuesta en términos de energía no actuar sobre la tendencia a desmejorar el desempeño energético.

c) Indicador de emisiones de CO₂

El ahorro energético de cualquier fuente, trae asociado una mejora ambiental producto de las llamadas emisiones indirectas, las cuales dependen de la fuente de generación o del combustible utilizado.

El Factor de Emisiones, representa la cantidad de CO₂ que se libera de la producción de cada unidad de electricidad, o en el caso de combustibles, la cantidad de CO₂ que se libera por unidad consumida de este energético. El indicador de emisiones de CO₂ consistirá en la comparación de la cantidad de CO₂ emitidas con la cantidad de emisiones calculadas con la línea base. Es el producto del ahorro y/o sobreconsumos por el factor de emisión de CO_{2e}. Sus unidades son *Kg de CO_{2e}* y dependerá de las fuentes de generación de la energía que es suministrada al proceso y/o USEn.

Este indicador nos brinda información de las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}) dejadas de emitir o emitidas respecto a la línea de base energética establecida.

d) Indicador del presupuesto de energía

Este indicador consiste en analizar lo presupuestado (teniendo en cuenta la línea base) con respecto a lo que realmente se consumió, determinando las causas de las desviaciones y actuando sobre las mismas.

El seguimiento de este indicador, permite determinar las variaciones del presupuesto por:

- Eficiencia energética.
- Producción (o variable relevante elegida en la línea base).
- Cambio en la tarifa de energía.

La Variación del Presupuesto por Eficiencia Energética se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta CP \text{ por eficiencia} = (E_{REAL} - E_{TEÓRICA}) \times T_{PROY}$$

Dónde:

E real	<i>Energía medida en la empresa.</i>
E teórica = E_o + m*P real	Energía calculada a partir de la ecuación de Línea Base a la producción real realizada.
T proy	Tarifa de energía proyectada

La Variación del Presupuesto por Producción se calcula como:

$$\Delta CP \text{ por producción} = m \times (P_{REAL} - P_{PROY}) \times T_{PROY}$$

Dónde:

m	Razón de cambio de la energía eléctrica consumida con la producción (según Línea Base de consumo energético).
P real	<i>Producción real.</i>

P proy	Producción proyectada por la empresa.
T proy	Tarifa de energía proyectada.

La Variación del Presupuesto por Cambio en la Tarifa de Energía se calcula como:

$$\Delta CP \text{ por tarifa} = E_{REAL} \times (T_{REAL} - T_{PROY})$$

Dónde:

E real	Energía real medida.
T real	Tarifa real.
T proy	Tarifa de energía proyectada.

La Variación Total del Costo Presupuestado es:

$$\Delta CP \text{ Total} = \Delta CP \text{ por eficiencia} + \Delta CP \text{ por producción} + \Delta CP \text{ por cambio de tarifa}$$

Árbol de indicadores

Dependiendo del tamaño y nivel de medición de cada organización es posible que se establezca un árbol de indicadores como herramienta para la visualización de los resultados del desempeño energético a nivel global hasta subdividirse en procesos, subprocesos, áreas, subáreas o equipos que representan los USEn seleccionados, posibilitando identificar el impacto de los procesos críticos en el total de la compañía.

Si se realizan mejoras en un área, equipo o proceso y no se reflejan en el indicador total de la empresa, es probable que sea por influencia de otras áreas de mayor consumo que puedan desmejorar su indicador. Esto solo podría verificarse con el Árbol de IDE, que mostraría el desempeño energético de cada una por separado y su resultado total en la organización.

Para mantener actualizado el árbol de indicadores, se debe disponer de:

- Medición de los energéticos según aplique
- Medición de las variables relevantes que van a la línea base
- Línea Base de energía
- Línea Base de emisiones de CO₂
- Indicadores establecidos de desempeño energético.

En la Ilustración 21 se muestra un ejemplo de árbol de indicadores.

ARBOL DE INDICADORES ENERGÉTICOS DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO

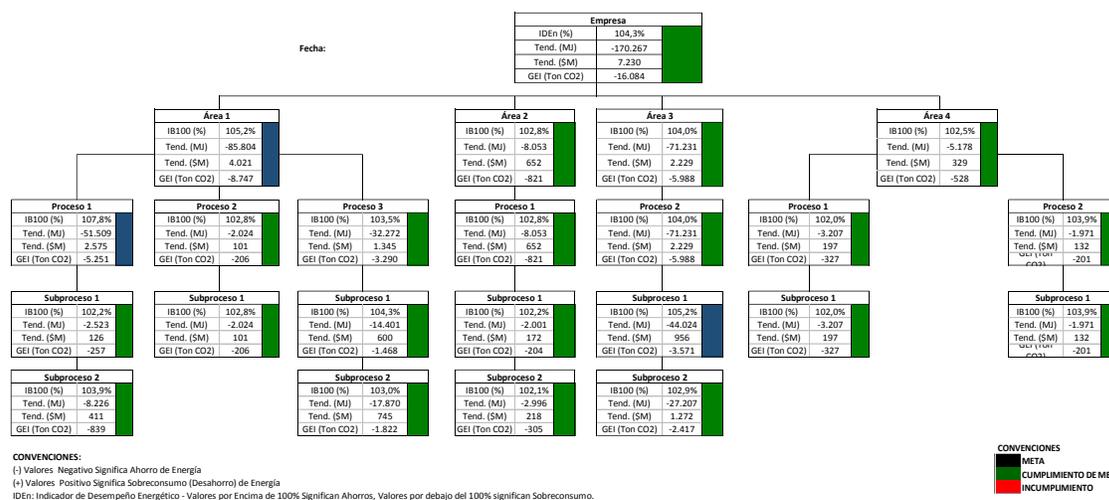


Ilustración 21 Ejemplo árbol de IDE

Organización de los indicadores

Los IDE pueden organizarse según el nivel al cual se desee reportar la información para ser involucrada en la toma de decisiones. De esta manera pueden tenerse:

- **Indicadores de Nivel Estratégico:** Servirán para la toma de decisiones de la alta gerencia tales como asignación de presupuesto al SGE o decisión de adquirir una certificación en ISO 50001. Deben ser fácilmente interpretables en términos de los ahorros obtenidos en dinero.
- **Indicadores de Nivel Táctico:** Permiten la toma de decisiones al personal encargado de la organización de los procesos productivos, por ejemplo, la adopción de un plan de mantenimiento centrado en eficiencia o la reorganización de procesos productivos en función del mejor uso de la energía.
- **Indicadores de Nivel Operativo:** Se utilizan para la toma diaria de decisiones principalmente de mantenimiento y producción. Deben servir para ser utilizados por los operarios en sus funciones diarias. Pueden incluir el monitoreo de eficiencias de equipos o de parámetros de control.

La organización puede llevar cualquier otro indicador siempre que se compare con su respectiva línea base tal como se establece en la norma ISO 50001.

Se debe documentar la metodología para determinar y actualizar los IDE.

Ejemplos

Tabla 10 Ejemplo de ficha técnica del indicador

FICHA TÉCNICA DEL INDICADOR			
EMPRESA: XXXX	USE: XXXX	COD: XXXXX	
OBJETO:	Medir el desempeño energético mensual del USE		
Indicador	Cod.	Índice	Índice base
Desempeño energético área USE	DE-USE01	(IC / KWh/Ton mes real)*100	IC = 34,5 + 1256/P P- producción, Ton/mes
Fuentes de información:	Registro de producción RP-01	Medidor ME-04	Frecuencia toma de datos: Diaria
Frecuencia de análisis	Mensual	Responsable de análisis: Jefe de Mtto	Comunicación: Jefe Producción del USE. Gerencia. Gestión a la vista
Registro de seguimiento			
Grafico de control del indicador mensual donde se refleje el valor mensual real y el valor meta calculado			
Análisis			
Si el valor es mayor que 100 indica que el consumo real fue menor que el consumo base esperado para ese nivel de producción. En caso de valor menor que 100 revisar variables significativas para identificar causas del mal desempeño			

Información documentada asociada a los IDE

- Método para determinar y actualizar los IDE
- Valores de los IDE

2.9. Objetivos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía

Los **objetivos del SGE** representan resultados que una organización se propone alcanzar en línea con su política energética. Los objetivos pueden estar relacionados con aspectos de gestión (objetivos en capacitación y formación, objetivos en comunicación, objetivos asociados a los planes de acción etc.), requisitos de las partes interesadas (por ejemplo, cumplimiento de aspectos legales) o con aspectos energéticos (metas energéticas, objetivos asociados a capacidades de medición y recopilación de información).

Los objetivos facilitan la asignación de recursos y de responsabilidades de las diferentes áreas de la organización involucradas, fomentan la participación de personal y partes interesadas y facilitan la comunicación de resultados a la dirección. Generalmente los objetivos se establecen a corto o mediano plazo.

Las **metas energéticas** representan objetivos cuantificables específicos del SGE asociados a la mejora del desempeño energético. Las metas energéticas pueden monitorearse a través de los indicadores de desempeño energético. En el establecimiento de metas energéticas es conveniente usar la metodología SMART que define las características para que una meta organizacional sea adecuada (ver la Tabla 11). Para el establecimiento de metas energéticas es especialmente importante tener en cuenta los Usos Significativos de la Energía.

Tabla 11. Aplicación de la metodología SMART a las metas energéticas

	Característica de Meta energética	¿Qué significa?
S	Específica	El resultado que se desea obtener debe ser claro: ¿A qué área o equipo se refiere? ¿Qué se espera lograr? ¿Qué tareas se deben realizar?
M	Medible	¿Cómo sabremos si la meta fue cumplida? ¿Cómo se medirá el resultado a alcanzar? Para las metas energéticas generalmente se emplean los indicadores de desempeño energético
A	Alcanzable	Ajustada a las capacidades y recursos reales de la organización: ¿Es posible realizarla en el tiempo y con los recursos disponibles?
R	Relevante	Coherente con la política energética y con los resultados de la revisión energética
T	Acotada en el Tiempo	Plazo determinado para su cumplimiento: ¿Cuándo será realizada? o ¿con que frecuencia?

Para alcanzar los objetivos y metas energéticas la organización debe establecer **planes de acción**. Sin la existencia de planes de acción claros es muy posible que la empresa no alcance sus objetivos y metas energéticas y pierda los esfuerzos y recursos empleados.

Los planes incluyen:

- Las tareas y acciones a ejecutar para dar cumplimiento a la meta (qué se hará)
- Las responsabilidades (quién)
- El marco temporal (cuándo)
- Los recursos humanos y materiales requeridos, internos y externos a la empresa.
- Cómo se verificarán los resultados, incluyendo la mejora en el desempeño, la consecución de actividades en el tiempo y otros resultados previstos.

Los planes de acción deben ser aprobados y actualizados a intervalos definidos y se deben conservar como información documentada del SGE. En la Tabla 12 se muestra un ejemplo de un plan de acción, indicando su relación con el objetivo y la meta energética respectivos.

Tabla 12 Formato de Plan de Acción

Objetivo	Reducción del 5% del consumo de gas natural mediante control operacional hasta el año 2014							
Descripción:	Actividades	Responsables	Fecha	Recursos	Método de verificación	de	Método de evaluación del desempeño	Presupuesto/año
Meta energética:	Reducción del consumo de gas natural en calderas en un 15% aplicando control operacional hasta el 2014 respecto a la línea base de consumo de 2012							

Plan de Acción	Establecer, comunicar e implementar la matriz de control operacional de calderas	Especificar, comprar e instalar los equipos de medición requeridos para el control operacional	instrumentista de calderas, supervisor de área	oct-13	contrato experto externo	Revisión de especificaciones técnicas, orden de compra, programa de instalación y verificación de funcionamiento de equipos	IDE de área de caldera	4.000.000	
		Establecer y verificar procedimientos de control operacional en el área	Operador de calderas, supervisor del área	dic-13	16 horas	Instructivo de operación, registro de operación de calderas		IDE de área de caldera	200.000
		Seguimiento, medición y análisis del desempeño energético de calderas	Operador de calderas supervisor del área , Técnico de mantenimiento del área	Por turno	20 minutos al finalizar el turno	Registro de calderas		IDE de área de caldera	1.500.000

Para establecer los objetivos, metas y planes de acción deben tenerse en cuenta los resultados de la revisión energética (usos significativos de la energía, potenciales de ahorro por gestión energética o por mejoras tecnológicas, oportunidades de mejora del desempeño energético priorizadas) así como información organizacional complementaria (recursos disponibles, necesidades de capacitación, objetivos organizacionales, condiciones operacionales, requisitos de las partes interesadas). También debe tenerse en cuenta la coherencia con la política energética.

Los objetivos, metas energéticas y planes de acción normalmente son formulados por el comité de energía con orientación del gestor energético. Se presentan a los niveles pertinentes de la organización para su conocimiento, aprobación y apropiación de recursos. Los objetivos de nivel táctico (p.ej., reducción de tiempos de operación en vacío) pueden ser aprobados por el comité mientras que los de nivel estratégico (p.ej, disminución de consumos para la empresa en su totalidad) deberían contar con el respaldo y aprobación de la alta dirección.

La comunicación a todos los involucrados de los objetivos, metas y planes de acción resulta fundamental para su consecución.

Los objetivos, metas energéticas y planes de acción deben estar documentados, actualizados y accesibles a los trabajadores. Para ello pueden usarse herramientas virtuales tal como software de apoyo a la implementación de sistemas de gestión o hojas de cálculo; o registros físicos, que son comunes en el seguimiento a planes de acción de nivel operacional.

Establecimiento de metas energéticas basadas en el mejor comportamiento previo

Al establecer metas organizacionales, pueden darse tres enfoques:

1. Basadas en las expectativas corporativas: Se establecen de arriba hacia abajo. Pueden ser arbitrarias, no ser alcanzables o ser muy fáciles de alcanzar. Pueden desmotivar al personal.
2. Basadas en planes de acción: Sobre la base de los cambios planificados o proyectos por ejecutar. Son revisadas continuamente en función de los cambios o proyectos. No consideran potenciales ni cambios operacionales
3. Basadas en el mejor comportamiento previo: Toman como referencia la línea base. Consideran cambios operacionales y cambios tecnológicos planificados. Se discuten desde el nivel táctico hacia el nivel estratégico.

La construcción de las líneas base nos permite establecer metas de desempeño energético basadas en mejores comportamientos previos del periodo base. Este enfoque resulta una manera económica de proponer metas reales, que corresponden a replicar las mejores prácticas organizacionales.

La metodología propuesta para lograr esto es la siguiente:

1. **Realizar la línea base de consumo de energía.** Una vez realizada la línea base de consumo de energía, se pueden observar los puntos operacionales que se encuentran por debajo de esta línea. Estos puntos representan aquellos periodos donde la organización ha alcanzado un menor consumo valores dados de producción.
2. **Identificar de manera cuantitativa las operaciones de mejor desempeño energético.** Los puntos operacionales de mejor desempeño pueden identificarse, restando el valor del consumo de energía, obtenido por la ecuación del modelo de línea base que representa todas las operaciones, del valor del consumo real de todas las operaciones, para igual valor de la producción. Si la resta es menor a cero, el punto operacional se encuentra por debajo de la línea base y hace parte de las mejores operaciones de la empresa.
3. **Construir la línea meta.** Usando los valores de consumo y producción de las operaciones ubicadas debajo de la línea base, se construye otra ecuación lineal de consumo vs producción, que representa el comportamiento del consumo de energía para las operaciones de mejor desempeño. Esta será la ecuación de la línea meta.
4. **Identificar el potencial de ahorros por gestión energética** La comparación de la línea base y la línea meta permitirá encontrar el potencial de ahorro que se lograría si todas las operaciones se realizaran como las de mejor desempeño (es decir, aquellos puntos ubicados debajo de la línea base). Este potencial de ahorro puede alcanzarse por reducción de la variabilidad operacional del consumo de energía. El potencial puede calcularse como la diferencia entre la energía no asociada a la producción de la línea base y la línea meta ($E_o \text{ base} - E_o \text{ meta}$).

En la Ilustración 22 se muestra un ejemplo de una línea meta y su respectiva línea base. En este ejemplo, $E_o \text{ base} = 10391 \text{ kWh}$ y $E_o \text{ meta} = 8971,7 \text{ kWh}$, luego el potencial de ahorro estimado ($E_o \text{ base} - E_o \text{ meta}$) es igual a $1419,3 \text{ kWh}$. Dado que los registros de este ejemplo son diarios,

el potencial de ahorro es diario. Podría obtenerse un potencial mensual multiplicando este valor por el número de días de operación durante el mes.

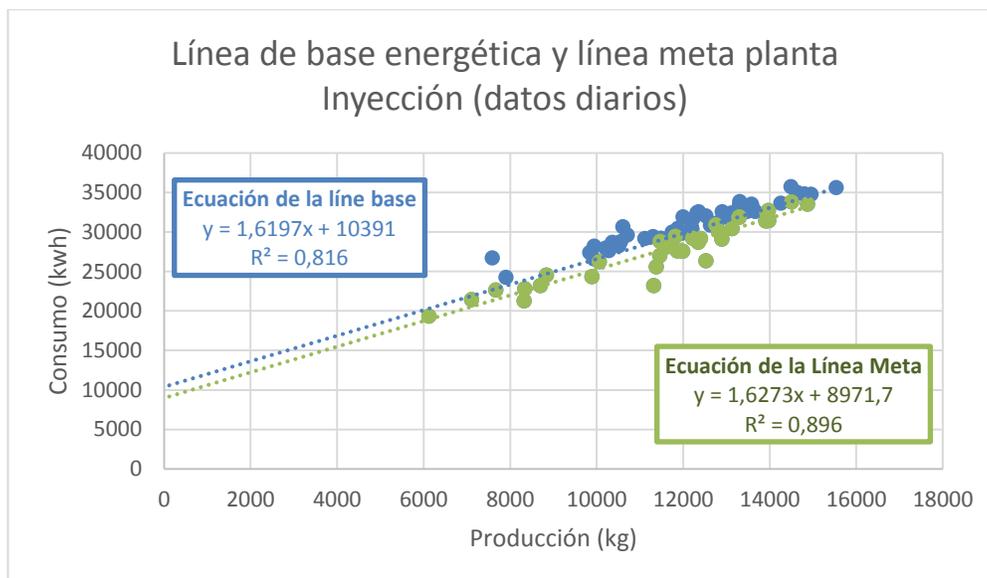


Ilustración 22. Ejemplo de línea meta en un proceso de inyección

Información documentada asociada al establecimiento de objetivos y metas

- Documento de la adopción de objetivos y metas energéticas (actas del SGE, aprobación a través de herramientas virtuales etc.)
- Planes de acción documentados (generalmente a través de herramientas virtuales)

2.10. Planificación para la recopilación de datos de energía

La organización debe planificar la manera de obtener la información necesaria para el seguimiento a sus metas energéticas y al desempeño energético. La planificación deberá incluir tanto planes de medición de las variables relevantes y consumos energéticos, como la recopilación de información adicional requerida para el desempeño energético (p. ej cambios en los usos significativos de la energía, criterios operacionales asociados a los USE).

Para la ISO 50001 la medición se define como el proceso realizado para obtener un valor. En este sentido, la medición de variables claves del SGE representa actividades que pueden incluir desde la lectura (manual o automática) de medidores de energía hasta la revisión de registros de producción.

Para poder realizar el seguimiento, medición y análisis se requiere establecer un plan de medición apropiado al tamaño, complejidad y equipos de medición de la organización. Un

plan de medición debe incluir: dónde se mide, en qué unidades físicas se mide, con qué frecuencia se mide, quién mide, dónde se registra la información quién tiene acceso a la misma, quién la procesa, quién registra los resultados del proceso, quién la analiza, a quién se comunica los resultados del análisis y otros aspectos que la organización considere.

La organización debe definir y revisar periódicamente sus necesidades de medición (áreas y equipos que requieren ser medidos).

En ocasiones se inicia la implementación con falta de equipos de medición y se planifica su instalación dentro del proceso de implementación. En estos casos la revisión de las necesidades de medición debe ser con frecuencia menor a un año.

Para empresas pequeñas o que estén iniciando la implementación de su SGE, la medición de consumos puede realizarse a través del registro de consumos de energía reportados en las facturas de servicios públicos. Los grandes consumidores de energía pueden además solicitar la información reportada por teledatada al comercializador de energía para contar con una mayor frecuencia de medición (por ejemplo, diaria u horaria). Como parte del mejoramiento continuo del SGE las empresas deben mejorar sus capacidades de medición a través de la instalación de sistemas de submedición, centrándose en los USE.

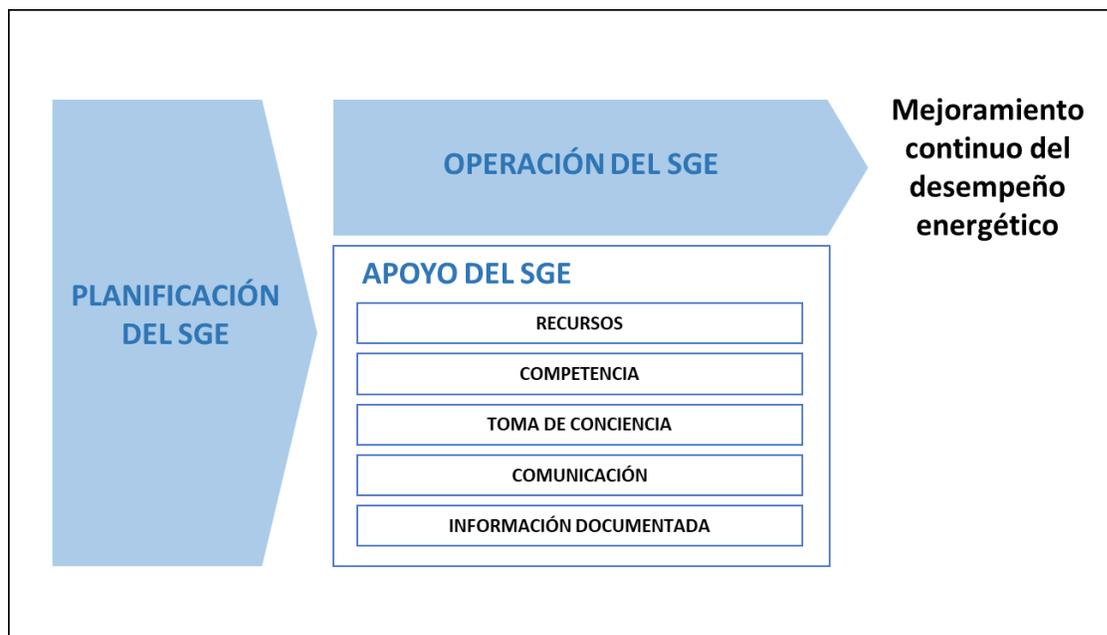
La organización debe asegurar que el equipo usado en el seguimiento y medición de las características clave proporcione información exacta y repetible. Esto significa que estos equipos deben incorporarse al plan de calibración y verificación de instrumentos de medición de la empresa y que deben mantenerse los registros de las calibraciones y de las actividades establecidas por la empresa para verificar la exactitud y repetibilidad en estos equipos.

D. Elementos de apoyo del SGE

Una vez concluida la fase de planificación del SGE se abordan los aspectos correspondientes al 'Hacer' en el ciclo PHVA. Esta fase está representada en las actividades de apoyo o soporte del SGE y las actividades de operación, que serán abordadas en la siguiente sección.

Las actividades de apoyo permiten asegurar que los recursos organizacionales se orienten adecuadamente a la gestión de la energía. Responden a la planificación energética y soportan las actividades de operación según se muestra en la Ilustración 23.

Ilustración 23. Esquema de actividades de apoyo



A continuación, se describen en detalle las principales actividades para el apoyo del SGE.

2.11. Competencia y toma de conciencia

La competencia y toma de conciencia permite involucrar a toda la organización en el cumplimiento de la política energética y los objetivos establecidos.

El **aseguramiento de competencias** se centra en el personal encargado de las áreas con usos significativos de la energía y el personal encargado del SGE. Tiene como objetivo lograr que este personal tenga la educación, formación y habilidades o experiencia requeridas para ejercer adecuadamente las funciones, responsabilidades y autoridades relacionadas con el desempeño energético y con el SGE.

La **toma de conciencia** cubre toda la organización desde la alta dirección, jefes de áreas, operarios, personal de aseo y auxiliares hasta subcontratistas permanentes u ocasionales. La

organización en su conjunto, así como el personal que realice tareas en su nombre debe ser consciente de la importancia e implicaciones de la política energética, así como del rol y aportes que pueden generar al SGE y a la mejora del desempeño energético desde sus respectivos roles.

A continuación se describen las actividades que permiten cumplir estos propósitos

1. Identificación de roles relevantes y de las competencias requeridas

Para definir las necesidades en competencia y toma de conciencia en primera instancia la organización debe **identificar los cargos que se relacionan tanto con los usos significativos de la energía, como con la operación del SGE**. Para este personal se deberán asegurar las competencias necesarias y para el resto de la organización la concientización sobre el sistema. Puede realizarse una división entre los cargos directamente involucrados y los líderes con capacidad de influir en los cambios de cultura organizacional

El personal directamente involucrado incluye:

- Operadores de usos significativos de energía (USE)
- Técnicos de mantenimiento de USE
- Instrumentistas de USE
- Supervisores de USE
- Jefe de mantenimiento
- Jefe de producción
- Planeadores de la producción
- Representante de compras
- Jefe de proyectos
- Representante de recursos humanos
- Auditores internos del SGE

El personal con capacidad de influir incluye:

- Líderes de áreas
- Representante del área de seguridad y salud ocupacional
- Representantes de los sistemas de gestión de calidad y medio ambiente
- Personal de adquisición y procesamiento de datos

Para este personal, debe identificarse la educación (profesional y técnica), formación (capacitaciones adicionales) y habilidades o experiencia requeridas para cumplir con los objetivos del SGE. Esta información se registra en las descripciones o perfiles de cargos para facilitar su seguimiento por parte de la organización.

2. Diseño y ejecución de planes de formación, capacitación y concientización

Con base en los requerimientos de competencias identificadas, la organización debe realizar planes de formación y capacitación. La formación puede ser realizada por personal de la empresa (por ejemplo, por el gestor energético, ingenieros que lideren procesos productivos o los coordinadores de sistemas de gestión) o por personal externo a la empresa (por ejemplo, cursos cortos de capacitación dictados por universidades o entidades de formación técnica).

Para la elaboración de planes de formación se realizan las siguientes actividades:

- Realizar un listado de las personas que requieren ser capacitadas o entrenadas
- Identificar los tipos de capacitación, formación y/o entrenamiento requeridos (elaborar un listado de los cursos o temas)
- Establecer los objetivos de la capacitación o entrenamiento
- Definir qué aspectos se cubrirán con formación interna o externa
- Definir los recursos necesarios para la capacitación o entrenamiento (físicos, humanos, infraestructura, etc.)
- Programar la ejecución del Plan de capacitación, formación y/o entrenamiento (fechas y horarios)
- Llevar registros de las personas que participan en esta actividad
- Evaluar la efectividad de la capacitación o entrenamiento
- Actualizar los planes de capacitación, formación y/o entrenamiento

En la Tabla 13, se muestra un ejemplo de matriz para la planeación de capacitaciones.

Nombre	Cargo	Tema	Evaluación
Carlos Lopez	Operador	Operación eficiente de sistemas de refrigeración	Test
Ramiro Coll	Supervisor	Eficiencia en Sistemas de bombeo	Prueba práctica al finalizar
Cindy Ruiz	Aseadora vigilante, operario	Ahorro y uso racional de la energía	Taller durante la capacitación
Daniel Henao	Ingeniero de proceso	Eficiencia energética en procesos térmicos	Examen
Patricia Salas	Gerente	Herramientas de gestión energética y Planes Energéticos	Participación, encuesta y asistencia
Roberto Filot	Jefe de mantenimiento	Oportunidades de mejora de la eficiencia energética en Sistemas de vapor y Aire comprimido	Taller
Luis Blanco	Vigilante	Gestión energética en la organización	Examen V/F
Claudia Roa	Administrativo	Ahorro de energía en iluminación y acondicionamiento de aire.	Taller y Tormenta de ideas

Tabla 13 Ejemplo de matriz de capacitaciones

El plan de formación debe estar en función del rol que juega cada uno en la implementación y aplicación del SGE y el nivel de preparación que tiene para desempeñarlo. La siguiente matriz puede ayudar a establecer esta actividad en la organización:

Tabla 14 Ejemplo de edentificación de roles y requerimientos de formación

Personal	Rol	Formación requerida
Operador USE	Control operacional	Conocimiento energético del proceso que opera
Técnicos de mantenimiento de los USE	Control operacional de las actividades de mantenimiento	Conocimiento energético del proceso que mantiene
Instrumentistas de los USE	Uso y calibración de instrumentos y sistemas de control	Conocimiento energético del proceso que mide y controla
Supervisores	Supervisión de procedimientos, registros, indicadores, seguimiento, medición y análisis del desempeño.	Formación en ISO 50001
Jefe de mantenimiento	Requisición de equipos, servicios, seguimiento de IDE globales, seguimiento de objetivos y planes de acción, dirección de proyectos.	Formación en ISO 50001
Jefe de producción	Control de calidad de la producción, reducción de reprocesos y rechazos, establecimiento de tiempos de mantenimiento programado, control de demanda de energía. Requisición de equipos y servicios, seguimiento de IDE globales, seguimiento de objetivos y planes de acción.	Formación en ISO 50001
Planeadores de la producción	Reducción de tiempos de trabajo en vacío, garantizar altos factores de carga.	Conocimiento energético del proceso que planifica
Representante de compras	Compra de equipos, servicios.	Criterios de adquisición de servicios de energía, productos, equipos y energía. Requisitos legales aplicables.
Jefe de proyectos	Planificación, ejecución, dirección de proyectos	Requerimientos de diseños Requisitos legales aplicables
Representante de recursos humanos	Competencia del personal, comunicación	Requisitos de competencia, comunicación
Audidores internos del SGE	Realización de auditorías y planes de mejora	Requerimientos del SGE según ISO 50.001. Directrices para auditorías de sistemas de gestión ISO 19011

Para el personal cuyas actuaciones no generan impactos significativos en el desempeño energético pero que pueden influir en la operación del sistema, se deben programar campañas de sensibilización mediante charlas informativas, equipos de trabajo, proyección de videos, que muestren repercusiones energéticas de las actividades propias de sus puestos de trabajo.

Para asegurar que el personal de la empresa permanezca actualizado y concientizado en los temas pertinentes, puede establecerse la realización de jornadas periódicas de formación o la inclusión de las temáticas pertinentes en de inducción de nuevos trabajadores.

Todas las actividades de formación y /o entrenamiento deben contar con un registro cuyo formato no difiere de los habituales exigidos en los sistemas de gestión de calidad o medio

ambiente. Si la empresa ya está certificada en alguna de estas normas puede usar los mismos principios de los planes de formación ya estandarizados. De igual manera es importante que la división de recursos humanos mantenga los registros que sustenten la educación y formación del personal relevante (diplomas, certificados etc.).

La implementación de programas de incentivos y reconocimiento al personal de las áreas o procesos con mejores resultados permite fortalecer el cumplimiento de indicadores y objetivos; involucrar al personal, generar motivación, mayor compromiso e interés en lo relacionado al SGE.

Se recomienda realizar reconocimiento público y entrega de incentivos al personal de las áreas que cumplan o superen los indicadores energéticos establecidos.

Para garantizar el establecimiento de estrategias, procedimientos e implementación para la educación, formación y toma de conciencia, se requiere del total apoyo del departamento de talento humano (o recursos humanos)

Información documentada asociada a la competencia y concientización

- Necesidades de formación asociadas al control de los USE y a la operación del SGE. (perfiles de cargo, matriz de identificación de necesidades etc.)
- Registros de educación (diplomas de universidades o entidades de formación técnica)
- Registros de formación (certificados, registros de asistencia etc.)

2.12. Comunicación

Para la efectividad de un SGE, es necesario comunicar al personal de la organización lo referente al sistema de gestión de la energía con el fin de garantizar que conozca y maneje un mismo lenguaje energético y actúe a conformidad. Es importante que la comunicación abarque tanto el estado del SGE como los resultados del desempeño energético.

A continuación, se describen las actividades que permiten lograr este objetivo.

1. Definir necesidades de comunicación

En la Ilustración 24 se esquematizan los aspectos que es necesario comunicar dentro de un SGE. Además, se deberá informar sobre los avances obtenidos en el SGE, los ahorros o desviaciones en el desempeño energético, los logros alcanzados por cada área o proceso, los beneficios, cambios realizados y en general lo relacionado con resultados e información que se considere pertinente.



Ilustración 24 Necesidades de comunicación de un SGE

La organización es autónoma de decidir qué tipo de comunicación va a realizar externamente. Las comunicaciones externas podrían incluir información para los entes reguladores, casa matriz de la empresa o el público en general (por ejemplo, comunicación de la política energética en la página web).

2. Definir medios de comunicación

Los medios para comunicar aspectos del SGE variarán según el nivel de la organización y el público objetivo. Por ejemplo, la comunicación de controles operacionales puede darse a través de reuniones de equipo o entrega de procedimientos que involucran únicamente al personal relevante. De otra parte, elementos como la política energética generalmente se comunican a través de correos electrónicos y campañas de sensibilización que involucran a toda la organización. Se debe revisar y verificar que la información del sistema de Gestión de la energía a comunicar se encuentra vigente y actualizada.

Como resultado del proceso, es pertinente que la organización realice una matriz de comunicaciones, en donde identifique qué aspectos se comunicarán, a quiénes y a través de qué medios. En la Tabla 15 se muestra un ejemplo.

Tabla 15. Ejemplo de matriz de comunicaciones

Elemento a comunicar	Responsable de la comunicación	¿A quién se comunica?	Medio de comunicación	Frecuencia
Política energética	Comunicaciones	A toda la organización	Correo electrónico Campaña SGE Televisores	Semestral
Nombramiento de comité de energía	Alta dirección	Miembros del comité Personal relevante para el SGE	Acta de nombramiento Correo electrónico	Anual
Mejoras en el desempeño energético (CUSUM)	Director de producción Director de Mantenimiento	Jefes y operarios del área	Correo electrónico y verbal.	Semanal
Planes de acción	Dir. mantenimiento	Gerencia general	verbal y escrito	Mensual
Avances en la implementación del SGE	Gestor Energético	Alta dirección Comité del SGE	Reuniones	Trimestral
Rutinas de encendido y apagado de equipos en USE	Director de producción	Director de planta, personal de mantenimiento	Reuniones Procedimientos escritos	Diaría o semanal Cuando se generen
Desempeño energético de la compañía	Gestor Energético	Gerente General Directores de área Miembros del comité energético.	Reunión Informe a alta dirección	Semestral

3. Retroalimentación y mecanismo para recolección de sugerencias de mejora

Es muy importante que exista una comunicación en doble vía, es decir informar e informarse sobre el desempeño energético y avances del sistema de gestión energética en la organización a los trabajadores, accionistas, proveedores y demás partes interesadas. La retroalimentación es un factor que involucra muchos beneficios para la mejora del sistema, la motivación y participación del personal en identificación de oportunidades de mejora.

La organización debe establecer un método o sistema para la retroalimentación, aportes y sugerencias en cuanto a las actividades del sistema de gestión de la energía. Este medio puede ser un correo electrónico, un buzón de sugerencias, una plataforma virtual o cualquier otro

que la organización escoja. Es importante comunicar al personal bajo el control de la empresa la existencia de este mecanismo para promover su utilización.

miércoles, 16 de octubre de 2019

	Cumplimiento [%]	Desempeño [M\$COP]	GEI [TonCO ₂ e]
DIARIO	101,3%	-\$ 2,78 M	-4,59
ACUMULADO MES	98,2%	-\$ 49,60 M	-64,67

Cumplimiento: Es el consumo base dividido entre el consumo real, Desempeño: Resultado de la diferencia entre la consumo real y el consumo base, (-) Indica ahorros, (+) indica sobreconsumos. Consumo Base: Es el consumo de energía proyectado a partir de la línea base. Consumo Real: Es el consumo de energía medido en el periodo de monitoreo. >100% Indica ahorros, <100% indica sobreconsumos, Acumulado mes: Es el desempeño acumulado del mes en curso.
 Leyenda: GEI = Gases de efecto invernadero, %C= Porcentaje de Cumplimiento, F.E.= Factor de emisión

DIARIO	Consumo Base	Consumo Real	Desempeño	Desempeño [\$]	%C	GEI
USE 1	321.570 kWh/día	314.950 kWh/día	-6.620 kWh/día	-1.985.943 \$COP	102,1%	-2,43 TonCO ₂ e/día
USE 2	207,00 Bls/día	196,41 Bls/día	-10,60 Bls/día	-1.729.561 \$COP	105,4%	-5,02 TonCO ₂ e/día
USE 3	489.840 kWh/día	493.398 kWh/día	3.558 kWh/día	398.534 \$COP	99,3%	1,31 TonCO ₂ e/día
USE 4	189,23 Bls/día	192,51 Bls/día	3,28 Bls/día	535.784 \$COP	98,3%	1,56 TonCO ₂ e/día

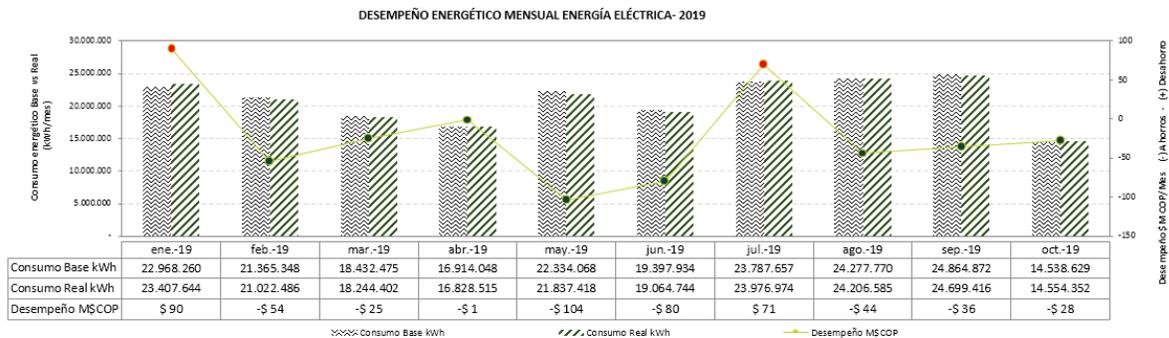


Ilustración 25. Ejemplo de un Reporte de desempeño Energético

Información documentada asociada a la comunicación

- Comunicación del desempeño energético y del SGE
- Matrices de comunicación indicando qué elemento se comunicará, a quiénes y a través de qué medios
- Mecanismo para recolectar comentarios o sugerencias para mejorar el SGE o el desempeño energético.

2.13. Información documentada

La información documentada representa la manera en que la organización asegura que las prácticas y resultados asociados al SGE se puedan consultar y replicar. Permite a una organización gestionar su conocimiento, asegurar que las actividades del sistema se realicen de

manera adecuada y no varíen el tiempo, demostrar los avances y resultados del sistema y comparar los resultados con periodos anteriores.

Las maneras de documentar información incluyen procedimientos escritos, herramientas virtuales, apoyos audiovisuales y otros medios. Por ejemplo, un control operacional podría documentarse a través de un procedimiento escrito entregado al operario o bien a través de un video instructivo accesible a través de la intranet de la empresa, entre otras estrategias.

Para permitir la funcionalidad de la información documentada, la organización debe definir la estructura, formato e identificación que se utilizará. Esta podrá ser la misma utilizada por otros sistemas de gestión implementados en la organización.

La organización debe establecer los medios para controlar su información documentada incluyendo aspectos como la creación, actualización, identificación, acceso y almacenamiento. Si la organización posee otro sistema de gestión implementado o en vías de implementación puede utilizar el mismo procedimiento para el control de documentos, requiriéndose solamente la ampliación del alcance del mismo al tema de la gestión energética.

Ejemplos de información documentada del SGE

A continuación, se describen algunas formas de información documentada del SGE. La lista no es exhaustiva y es necesario que como parte de la planificación de cada sistema, una empresa determine la información documentada que requerirá para su SGE. El requisito 7.5 de la norma ISO 50001 proporciona lineamientos para que la organización realice este ejercicio. La Información documentada señalada en la parte final de cada una de las subsecciones de este capítulo, proporciona una referencia adicional para que la organización determine la información documentada de su SGE.

Manual del SGE, una buena práctica de gestión es mantener un manual que resuma la manera en que se cumplen todos los requisitos y se desarrollan las actividades del SGE. El manual del SGE debe ser un documento corto, que no describe en detalle todas las actividades desarrolladas, pero si da orientaciones al usuario de dónde encontrar la información necesaria, puede contener indicaciones como las siguientes:

- ... la revisión energética se desarrolla a través del procedimiento *PGE001 – metodología de revisión energética*.
- ... la descripción de la información documentada del sistema se describe en el instructivo *IGE001 – Información documentada del SGE*

El manual permite centralizar información sobre la estructuración del SGE que debe ser conservada como información documentada, por ejemplo: los límites y alcances, la política energética, la decisión de comunicar información del SGE al exterior de la organización o el tipo de información documentada que se usa en el sistema.

El manual puede ser un documento físico, o una herramienta virtual. Por ejemplo, puede representarse en una herramienta interactiva almacenada en los servidores de la empresa, que permita rápidamente orientar al usuario sobre la información que requiera del SGE.

En caso de organizaciones que ya cuenten con otros sistemas de gestión implementados, se podrá integrar en este mismo documento y consolidar un manual Integrado. Cuando sea pertinente se podrá combinar la documentación energética con la documentación de estos otros sistemas de gestión.

Plataformas informáticas para sistemas de gestión: Dada la amplia difusión que han tenido los sistemas de gestión en las empresas, en el mercado existen plataformas informáticas que permiten gestionar la información de un SGE y se alinean con los requerimientos de los sistemas de gestión de las normas ISO. En ocasiones estas plataformas son desarrolladas directamente por las organizaciones a través de su departamento de I+D. Para empresas pequeñas, la función de estos programas puede ser reemplazada por comunicación a través de la Intranet de la empresa.

Las plataformas de gestión de información permiten almacenar información documentada de tipo virtual y pueden suplir algunas necesidades de un manual de un SGE.

Procedimientos: Documentan las formas de llevar a cabo un proceso o actividad. En la práctica las organizaciones pueden determinar diferentes formas de organizar sus procedimientos por ejemplo en forma de procedimientos documentados, (generalmente cortos), instructivos o guías (que suelen tener un mayor grado de detalle) u otras formas.

Para cumplir su función los procedimientos en cualquiera de sus formas deben ser verificables, estar disponibles para quien los necesita, ser legibles, claros y entendibles, almacenados de manera adecuada, estar actualizados y ser revisados periódicamente para evaluar sus oportunidades de mejora.

En la NTC:ISO 50001:2019, los procedimientos se asocian con información documentada que debe ser **mantenida**. Ejemplos de procedimientos para el SGE incluyen la metodología para realizar la revisión energética, los procedimientos para mantener y conservar la información documentada o los procedimientos para realizar controles operacionales.

Formatos: Se refieren a plantillas o proformas que tienen como fin registrar información del sistema de gestión. Cuando son diligenciados se convierten en registros.

Los formatos generalmente son documentos físicos, pero pueden referirse también a información virtual (por ejemplo: formularios virtuales). El uso de una u otra forma para capturar la información debe tener en cuenta el usuario final que diligenciará el formato. Por ejemplo, para el personal operativo suele ser de mayor utilidad los formatos físicos debido a la agilidad en su diligenciamiento y consulta.

En la NTC:ISO 50001:2019, los formatos se asocian con parte de la información documentada que debe ser **mantenida**.

Registros: Muestran resultados obtenidos o proporcionan evidencia de las actividades desempeñadas. Se representa en registros documentados, fotografías, informes y otras formas de demostrar los resultados.

Deben estar diseñados para facilitar su identificación (¿Cuándo se generaron? ¿Qué representan?, ¿Qué requerimiento permiten demostrar?). Además, debe establecer un mecanismo de almacenamiento que permita su consulta y conservación en el tiempo.

En la NTC:ISO 50001 2019 los registros se asocian con información documentada que debe ser conservada.

Algunos ejemplos de registros incluyen: formatos diligenciados (por ejemplo, de control operacional), soportes de las calibraciones y otros medios de establecimiento de precisión y repetición, resultados de la revisión energética y resultados de la revisión por la dirección.

Información documentada asociada al requisito de documentación

- Procedimiento para conservar y mantener información documentada
- Todos los documentos y registros que exige la norma.Registros que demuestren la conformidad de los requisitos del SGE.

E. Operación de un SGE

Las actividades de operación se asocian a las tareas que la empresa realiza para lograr las mejoras de desempeño organizacional en sus actividades rutinarias. Se asocian directamente al personal productivo y de mantenimiento, y a las actividades de compra y diseño de la organización, como actividades de soporte relacionadas con cambios en la organización que permitirán soportar una operación eficiente a lo largo del tiempo.

En la ilustración 26 se muestran un esquema de estas actividades y en las siguientes secciones se describen las actividades y herramientas relacionadas.

Ilustración 26. Actividades de operación del SGE



2.14. Control operacional y mantenimiento en función del desempeño energético.

Para cumplir con los objetivos del SGE, la organización debe planificar, implementar y controlar procesos relacionados con sus USE. Para ello se deben establecer criterios de operación y mantenimiento que eviten desviaciones significativas del desempeño energético.

El control operacional en los USE consiste **en definir los rangos en los que deben moverse las variables relevantes para garantizar una operación eficaz y establecer las acciones necesarias** para retornar el valor de la variable a su rango normal en caso de desviaciones.

Los rangos de las variables relevantes se pueden identificar de diferentes formas mediante análisis de datos utilizando métodos de analítica descriptiva, *machine learning*, *digital twins* u otros y verificando los resultados con las características de comportamiento técnico de los equipos.

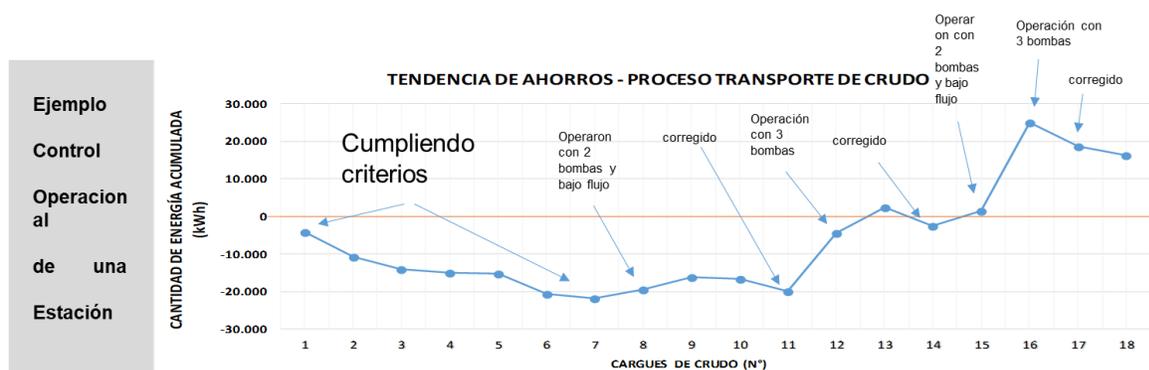
La metodología propuesta en la presente guía para el establecimiento de dichos criterios es la siguiente:

- Analizar los USE y variables relevantes determinadas en la revisión energética.
- Para cada variable relevante identificada determinar el rango operacional máximo-mínimo, utilizando las operaciones de mejor comportamiento en el periodo base.
- Comparar el rango obtenido con la ventana operacional de integridad establecida en los manuales del fabricante, de diseño o instructivos operacionales y corregirlos si es necesario.
- Identificar en los datos del periodo base todas aquellas operaciones que cumplen con los rangos de control establecidos para las variables relevantes y validar mediante un gráfico de tendencia para estos datos, que la tendencia sea siempre al ahorro.
- Socializar los resultados con el personal clave del USE (operadores, supervisores, área de ingeniería). Realizar ajustes de ser necesario.
- Realizar una prueba piloto y si es satisfactoria incorporar los nuevos rangos de control a los procedimientos operacionales y de mantenimiento de la organización.

Ejemplo:

A continuación, se presenta un ejemplo en el que se seleccionaron los valores de menores consumos de energía del periodo base y con ellos se determinaron los rangos máximo-mínimos de las variables relevantes de un sistema de bombeo.

Tabla 16 Ejemplo establecimiento de criterios de control en un sistema de bombeo



TRANSPORTE CRUDO - N° CARGUES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
INDICADOR EFICIENCIA ENERGÉTICA (%)		112%	119%	104%	103%	100%	115%	101%	94%	96%	101%	108%	79%	81%	113%	92%	78%	115%	103%
Variables Significativas	Criterio Operacional	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19
N° Bombas	<= 2 bombas No usar tres bombas	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	2	2
Configuración	BPCs 10 20 (+efc) BPCs 20 50 (- efc) BPCs 10 50 (No efc)	10 20	10	10 20	10 20	10 20	20	10 20	10 20 / 20 50	10 50	10 20	10 20	10 20 / 50	10 20 / 50	10 20	10 20	10 20 / 50	10 20	10 20
Flujo (bph)	1 bomba >= 20.000 2 bombas >=40.000	40.869	22.678	40.024	36.509	39.584	22.129	38.984	34.100	40.700	35.465	39.582	45.001	44.496	41.934	35.199	45.449	41.960	40.295
Presión Succión (psig)	>= 9	9	13	13	11	11	13	9	7	10	9	13	12	14	17	16	22	8	11
Presión descarga (psig)	40 - 70 psig (2 bombas) 30 - 50 (1 bomba)	45	32	43	42	51	31	54	42	57	34	44	63	62	40	54	62	54	59

Ilustración 27 Ejemplo de Control Operacional en una estación de Bombeo

El grafico anterior muestra la tendencia del desempeño energético de las operaciones del sistema de bombeo y una tabla donde se registra el valor que toman las variables relevantes identificadas.

Se identificaron como variables relevantes las siguientes:

- El número de bombas en funcionamiento
- El tipo de configuración de las bombas usadas
- El flujo bombeado
- La presión de succión del sistema
- La presión de descarga del sistema.

Los criterios o rangos operacionales identificados que brindan mejor desempeño energético son:

- Nunca usar más de 2 bombas
- Usar siempre que se pueda las configuraciones de bombas más eficientes (identificadas en el trabajo)
- Para flujos mayores a 40.000 barriles por hora, usar 2 bombas
- Trabajar con presiones de succión de 9 psig
- Trabajar con presiones de descarga de 30-50 psig para 1 bomba y de 40-70 psig para 2 bombas.

En el gráfico se puede apreciar que las tendencias de mejora se presentan cuando se cumplen los criterios. Igualmente se observa que cuando algún criterio no se cumple se presentan tendencias a empeorar el desempeño.

Una vez establecidos los criterios, se deben comunicar al personal pertinente. Es decir, a aquel personal relacionado con la operación y mantenimiento del USE (sea personal interno o subcontratista).

En muchos casos se realiza un taller de socialización, reunión, formación, charla u otro evento para ajustar y aprobar los criterios propuestos. Debe existir registro de dicha comunicación o actividad de socialización.

Posteriormente dichos criterios deberán incluirse en los procedimientos operacionales y de mantenimiento existentes en la organización. De igual forma deberá incluirse el procedimiento de control y registro.

A continuación se presenta una secuencia de pasos que permitirá establecer un control operacional adecuado en función del desempeño energético:

1. Seleccionar los usos significativos de energía identificados en la Revisión Energética a los cuales se le aplicara el Control Operacional.
2. Identificar los regímenes de trabajo típicos de los usos significativos de energía (generalmente son: arranque, operación normal, parada, pero puede existir también cambio de producto, trabajo en vacío, calentamiento, enfriamiento, etc....)
3. Identificar y revisar cómo deberían ser operados los equipos y/o sistemas en cada régimen de trabajo.
4. Revisar cuáles son los criterios recomendados o establecidos para cada USEn y régimen de trabajo. Para esto se debe tener en cuenta los manuales de operación, recomendaciones de fabricantes, los criterios de calidad y medio ambiente, sugerencias de expertos, procedimientos de operación estándar, registros de los operadores, experiencia, estado de los equipos, sugerencias del personal que trabaja en los USEn, parámetros críticos de operación.
5. Identificar cuáles de los criterios establecidos para cada régimen de trabajo impactan el desempeño energético del uso significativo de energía, verificar el tipo de registro que se tiene y si cumple con las recomendaciones realizadas en este aspecto de la Guía.
6. Identificar nuevos criterios. Es posible que los criterios actuales no involucren todas las variables que impactan el desempeño energético.
7. Registros definitivos del control operacional. Incluir los nuevos criterios operacionales en los registros y procedimientos actuales de operación. Es importante que se incluya el valor estándar, sus valores máximos y mínimos y las actividades a realizar en casos de desviaciones. También se debe tener en cuenta los diferentes regímenes operacionales a que este sometido el USE.
8. Identificar criterios de mantenimiento. Tener en cuenta la metodología de RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiability), TPM (mantenimiento productivo total), OEE (Eficiencia General de los Equipos), buenas prácticas de manufactura, tecnologías e innovaciones, considerando falla funcional del Uso Significativo de Energía (USE) la pérdida de su eficiencia, determinar aquellas actividades de mantenimiento que deben incluirse en el programa de mantenimiento de ese USE.
9. Actualizar los procedimientos de mantenimiento teniendo en cuenta los nuevos criterios identificados.
10. Realizar comunicación y entrenamiento: Es necesario socializar los cambios en los criterios operacionales de los USE y en la actividad de mantenimiento con los ejecutores, supervisores y demás personal involucrado. De igual forma si existen cambios en los registros operacionales es importante mostrar sus requerimientos y aclarar la frecuencia, las unidades de medida, las actividades a realizar para corregir las desviaciones y los riesgos en caso de existir.
11. Operar de acuerdo a los criterios operacionales definidos
12. Verificar el control operacional de los USE y retroalimentar al personal pertinente del desempeño de esta actividad. Para dicha verificación se proponen las siguientes actividades:

- Recopilar la información necesaria para el seguimiento (energía, producción, variables relevantes de los USE, etc)
- Evaluar diariamente los IDE y el cumplimiento de los criterios operacionales.
- Analizar y registrar los resultados de los IDE.
- Identificar las causas de las desviaciones.
- Definir las acciones para corregir las desviaciones que se presenten.
- Implementar las acciones para corregir las desviaciones.
- Verificar los resultados de la implementación de acciones.
- Revisar las consecuencias de los cambios no previstos.
- Realizar reunión semanal con equipo de energía para verificar los resultados de los IDE y criterios operacionales.
- Establecer oportunidades de mejora.

Ejemplos

A continuación se presentan ejemplos de variables relevantes dependientes de la operación y el mantenimiento (Tabla 17), un formato de identificación de variables de mantenimiento (Tabla 18) un formato de planeación de la operación para situaciones de contingencia (Tabla 19) y un ejemplo de control operacional (Ilustración 28).

Tabla 17. Ejemplos de variables relevantes relacionadas con la operación y el mantenimiento

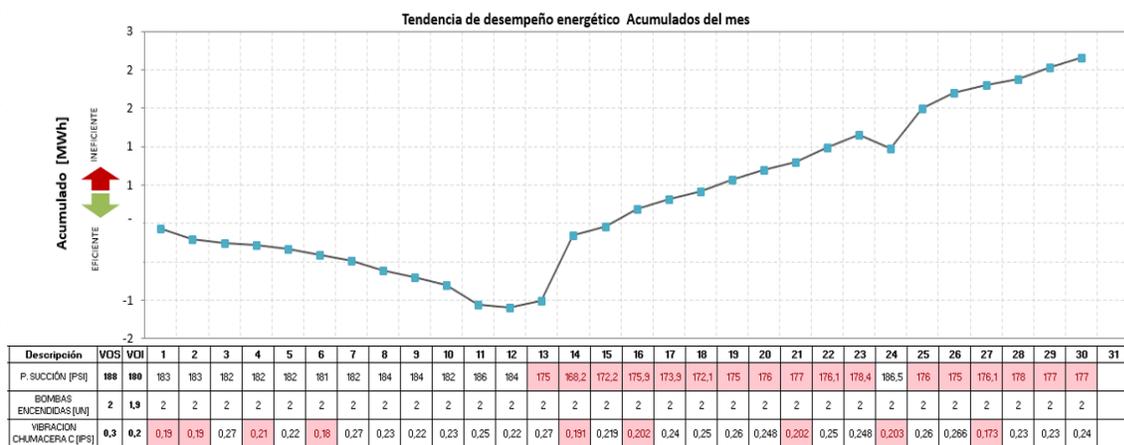
Variables relevantes relacionadas con la operación	Ejemplos de variables relacionadas con mantenimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad del proceso • Presión, temperatura, humedad, densidad, rpm, flujos, frecuencias, nivel, concentración, etc. • Tiempo de arranque y de parada • Tiempo de cambio de producto • Tiempos de enfriamiento o calentamiento. • Tiempo de cargue y descargue, • Tiempo de apertura y cierre. • Porcentaje de aperturas de válvulas. • Secuencias de parada • Tiempo de trabajo en vacío o tiempos perdidos • Coordinación entre áreas productivas • Número de recirculaciones • Cantidad de rechazos • Cantidad de reprocesos 	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencias de limpieza • Frecuencias de inspecciones • Frecuencias de ajuste • Frecuencia de cambio de equipos • Tiempo de detección de fallas • Tiempo de reparación de averías • Frecuencia de averías. • Supervisión de los niveles de eficiencia energética de los equipos y procesos • Cumplimiento de fechas de recambio o reposición de partes y equipos

Tabla 18 Formato de identificación de Variables de control del mantenimiento

Equipo	Variable de control	de Sistema Involucrado	Efecto	Mantenimiento	Frecuencia
Generador de vapor	Ajuste en la combustión	Combustión	Exceso de aire	Inspecciones presiones de entrada y salida, fugas	semestral
	Ensuciamiento	superficie de calefacción	Alta temperatura de gases	Limpieza	Mensual
	Deterioro de asilamiento	Superficie del equipo	Perdidas de calor al medio	Inspección	Semestral
	Desajuste válvula regulación de presión de gas	Sistema de combustible	Empeoramiento de la combustión	Inspección	Semestral
	Desajuste sistema control de combustión	Sistema de control	Empeoramiento de la combustión	Inspección	Semestral

Tabla 19 Formato de Control operacional en situaciones de contingencia

USE	Parámetro de control	de Situación de contingencia	Estrategia	Responsable del cambio operacional	Observación
Generador de vapor	Relación aire/combustible	Cambio de combustible	Cambio y ajuste de sistema de combustible	Operador	Nivel de ocurrencia: ocasional
	Tipo de equipo a utilizar	Parada de áreas productivas 2	Arranque de caldera y menor capacidad	Operador	Nivel de ocurrencia: Mantenimientos generales programados



- 3 Bombas de inyección de 2250 HP
- Sin variador de velocidad
- Control de flujo por válvulas
- Arrancador suave
- No registran nivel de estrangulamiento de válvula de descarga
- No registran punto de operación bomba

Acumulado = Suma Acumulativa (E real – E LB)

Ilustración 28 Ejemplo Control Operacional

Caso control operacional del desempeño energético en un horno atmosférico de destilación de crudo

Los hornos atmosféricos del proceso de destilación de crudo son los de mayor consumo de energía en los procesos de refinación

En el proceso de revisión energética, se identificó una alta variabilidad del consumo de combustible del horno, para iguales valores de carga suministrada al horno, en barriles de petróleo día. Esta variabilidad ocurre a cualquier nivel de carga del horno y su valor promedio fue del 20% del consumo promedio del horno.

Lo anterior puede producir sobreconsumos diarios de energía de hasta 800 MMBTU/día, equivalentes a 233.600 MMBTU/año y USD 1.168.000/año.

Relación consumo de gas y Producción del Horno

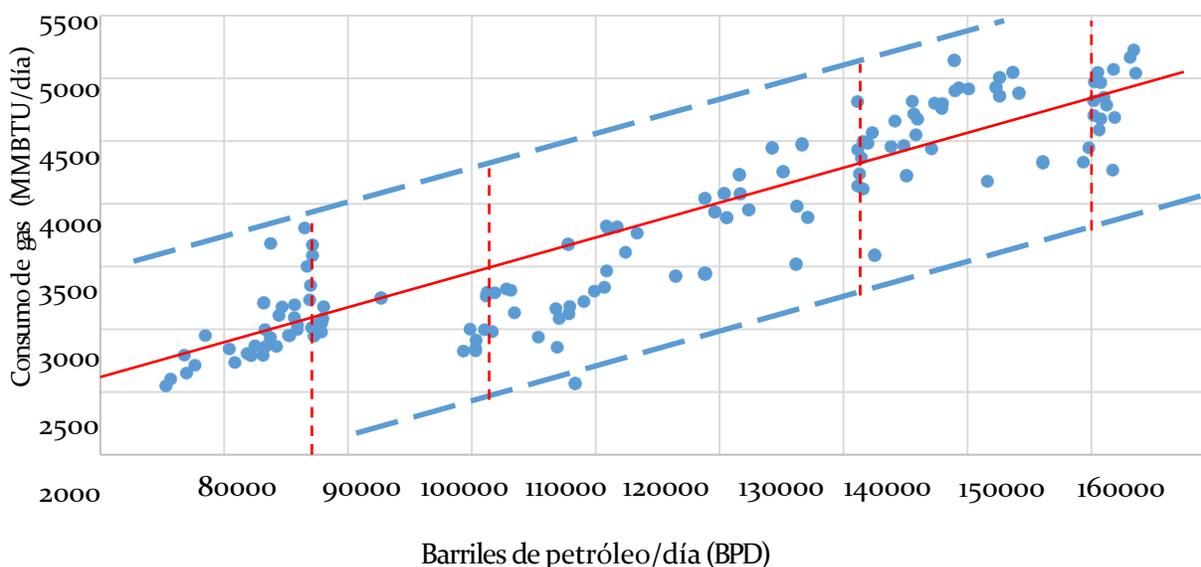


Ilustración 29 Relación consumo de Gas y producción del horno

Las variables operativas del Horno que se miden y registran son las siguientes:

VARIABLES OPERATIVAS HORNO	DISEÑO
Capacidad (BPD)	147.7
Duty absorbido (MM BTU/h)	206.01

Poder Calorífico gas combustible (BTU/ft ³)	950
Temperatura de entrada (°F)	592.1
Temperatura de salida (°F)	705.8
Tiro en zona de choque (in de H ₂ O)	-0.1
Residual de Oxígeno (%)	3,00
Temperatura de gases de combustión (°F)	353

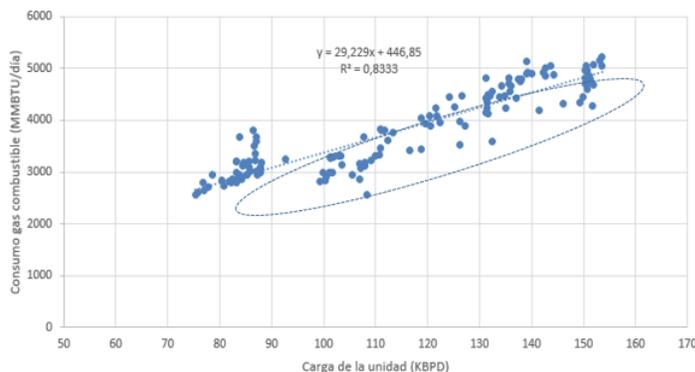
Aplicando una herramienta estadística se determinó que la variación de los grados API de la carga no influyen en la variación del consumo de energía del horno, sin embargo, el resto de las variables si muestran influencia significativa. El 96,5% de las variaciones del consumo dependen de ellas, por lo que quedan como variables relevantes del horno las siguientes:

- Valor calórico del gas combustible PCI (Btu/ft₃);
- Temperatura de entrada del crudo al Horno T entrada (°F);
- Temperatura de salida del crudo del Horno T salida (°F);
- Tiro de gases de combustión en el interior del Horno (in H₂O);
- Contenido de oxígeno en gases de chimenea del Horno. (% O₂)
- Carga del Horno. BPD (barriles de crudo/día)

Utilizando el periodo de datos base del Horno de estas variables, se determina la línea base de consumo de energía del horno en función de BPD:

Línea base: $E = 29,229 \cdot P + 446,85$ [MMBTU/d]

P: BPD. Variable no controlable



ESTADÍSTICAS DE LA REGRESIÓN	
Coefficiente de correlación múltiple	0,9
Coefficiente de determinación R ²	0,83
R ² ajustado	0,83
Error típico (MMBTU/día)	323,8
Nivel de significación	95%
Valor crítico de F	2,23 E-54

Utilizando las mejores operaciones del periodo base del horno en cuanto a consumo de energía se determinan los rangos operacionales de las variables relevantes. Si durante la operación se mantienen esos rangos se espera sostener el consumo de energía por debajo de la línea base.

Los rangos identificados se comparan con los de diseño y se socializan con el personal clave del horno, al final queda la recomendación de rangos operacionales definidos para el control operacional del horno.

RANGOS RECOMENDADOS PARA VARIABLES OPERATIVAS SIGNIFICATIVAS

Variable operacional	Ventana operacional	Rangos identificados	Valores de Diseño	Recomendación
PCI (Btu/ft ³)	Límite Inferior	879,94	898	898 - 963,5 Btu/pie ³
	Límite Superior	963,5	1045	
T entrada (°F)	Límite Inferior	582,51	597	585 - 597 °F
	Límite Superior	596,69		
T salida (°F)	Límite Inferior	673,86	700	675 - 689 °F
	Límite Superior	689,12		
Tiro (in H ₂ O)	Límite Inferior	-0,39	-0,1	Tiro -0,1 in H ₂ O y Máx. -0,39
	Límite Superior	-0,27		
Oxigeno (%)	Límite Inferior	2,67	3	entre 2,77% (a altas cargas) y máximo 4,38%
	Límite Superior	5,03		

Se realizaron protocolos de pruebas con valores recomendados

Tabla 20 Protocolo de pruebas con valores recomendados

DATOS DE LAS OPERACIONES REALIZADAS DENTRO DE LOS RANGOS DE VALORES RECOMENDADOS							
Día	Consumo (MMBTU/día)	Carga (KBPD)	PCI 898 - 963,5 Btu/pie ³	T in 585 - 597 °F	T out 675 - 689 °F	Tiro -0,1+0,39 pulg H ₂ O	% exceso de O ₂ 2,77- 4,38%
1	4464,72	134,88	945,07	588,95	676,70	-0,37	3,84
2	4224,32	135,07	945,32	592,45	678,16	-0,39	4,04
3	3443,19	118,84	900,31	594,15	679,69	-0,37	4,38
4	3460,51	110,89	898,44	596,61	686,59	-0,35	4,27
5	3318,22	102,84	923,72	593,43	688,73	-0,35	3,16
6	3292,85	101,28	912,72	587,11	676,74	-0,37	3,43
7	4679,92	150,77	941,88	587,01	679,93	-0,29	2,79
8	4591,65	150,63	931,23	587,82	680,17	-0,30	2,85
9	4451,69	149,81	894,59	585,96	680,24	-0,31	2,77
10	4336,28	149,35	890,24	584,70	679,46	-0,35	2,84
11	4182,17	141,54	929,22	588,12	679,29	-0,31	2,83
12	3516,89	126,18	934,85	591,54	677,41	-0,29	2,80
13	2937,11	105,41	928,99	588,74	675,58	-0,35	3,41
14	3085,29	107,06	896,30	589,29	675,12	-0,31	3,95
15	3178,73	107,93	950,41	591,25	676,00	-0,30	3,94
16	2912,52	100,41	883,36	594,65	678,70	-0,29	3,66

RESULTADOS

La operación produjo en promedio un 8% del consumo de energía del horno equivalentes a 721.824 USD/año

Consumo real	Carga	Consumo esperado	CR - CE	Suma Acumulativa	Porcentaje de ahorro
--------------	-------	------------------	---------	------------------	----------------------

(Según LBE)					
4.464,7	134,88	4.389,3	75,43	75,43	
4.224,3	135,07	4.394,9	-170,57	-95,14	-3,88%
3.443,2	118,84	3.920,4	-477,2	-572,34	-12,17%
3.460,5	110,89	3.688,2	-227,68	-800,01	-6,17%
3.318,2	102,84	3.452,6	-134,4	-934,41	-3,89%
3.292,8	101,28	3.407,3	-114,42	-1048,83	-3,36%
4.679,9	150,77	4.853,7	-173,74	-1222,57	-3,58%
4.591,7	150,63	4.849,7	-258,06	-1480,63	-5,32%
4.451,7	149,81	4.825,6	-373,94	-1854,57	-7,75%
4.336,3	149,35	4.812,2	-475,89	-2330,46	-9,89%
4.182,2	141,54	4.584,1	-401,88	-2732,34	-8,77%
3.516,9	126,18	4.134,8	-617,95	-3350,29	-14,94%
2.937,1	105,41	3.527,8	-590,68	-3940,97	-16,74%
3.085,3	107,06	3.576,2	-490,94	-4431,91	-13,73%
3.178,7	107,93	3.601,5	-422,8	-4854,71	-11,74%
2.912,5	100,41	3.381,8	-469,24	-5323,95	-13,88%

2.15. Diseño y adquisiciones bajo consideraciones de desempeño energético

Como parte de la operación de su SGE, la organización debe prever que los cambios en sus procesos productivos o instalaciones, tengan en cuenta oportunidades de mejora en el desempeño energético.

Esto implica abordar criterios relacionados con el desempeño energético en el **diseño, de instalaciones, procesos, sistemas u equipos** que puedan tener impactos significativos en el desempeño energético, así como involucrar criterios para la evaluación de la mejora del desempeño energético al **adquirir productos, equipos o servicios** que puedan impactar significativamente el desempeño energético.

A continuación, se describen estos dos aspectos.

Diseños con impacto significativo en el desempeño energético

Un nuevo diseño es una ampliación o modificación del proceso productivo, del área de servicios, o la incorporación de un nuevo proceso o área. Como parte de su SGE, la organización debe establecer una manera para identificar si un diseño tiene impacto significativo en el uso de la energía y de ser así, tomar medidas para asegurar que incorporen criterios de desempeño energético en el mismo.

A continuación, se describen las actividades para orientar este proceso:

1. Identificación de proyectos o diseños con impacto significativo en los USE

Las preguntas fundamentales que ayudan a identificar el impacto energético de los proyectos son:

- ¿Los cambios se realizarán en un área identificada como Uso Significativo de la Energía? En este caso el proyecto deberá ser tenido en cuenta para identificación de criterios de desempeño energético.
- ¿Los cambios modifican los factores estáticos?, en este caso se deberá evaluar si la modificación afectará los usos significativos de la energía y de ser así, establecer los criterios pertinentes.

2. Criterios a considerar en diseños con impacto en usos significativos de energía.

Una vez se identifique el impacto del proyecto o diseño, deben valorarse los criterios a tener en cuenta. A continuación, se mencionan algunas consideraciones que la organización puede incorporar en sus proyectos de diseño.

a) Seguimiento al desempeño energético

Para el seguimiento al desempeño, las nuevas áreas, sistemas o procesos deben tener posibilidad de contar con línea de base energética e indicadores de desempeño energético. Por ello requieren de medición del consumo de energía que debe estar contemplada en el diseño.

Adicionalmente, los resultados de la evaluación del desempeño energético deben ser aplicados a esta nueva área o proceso. Por ejemplo, si como resultado de la evaluación del desempeño del SGE la gerencia determina que todo el personal operativo debe recibir una jornada de sensibilización en eficiencia energética, el personal nuevo que se incorporara a la nueva área debe recibirla también.

b) Oportunidades en Control operacional y mantenimiento en nuevos diseños

Dado que los cambios afectarán los USE, deben identificarse las variables relevantes pertinentes y establecer controles operacionales y de mantenimiento adecuados. Debe tenerse en cuenta la confirmación de los requerimientos reales de la operación con los usuarios del equipo, facilitar el control operacional durante la operación y la posibilidad de optimizar el uso de la energía para diferentes regímenes de trabajo. De otra parte, el diseño debe considerar las capacidades de medición de variables relevantes y parámetros para un control operacional adecuado.

c) *Aspectos técnicos*

Debe asegurarse que el diseño minimice los consumos de energía durante el ciclo de vida del proyecto sin sacrificar las condiciones críticas del sistema y a un costo razonable. Algunos criterios a tener en cuenta son:

- Valorar la posibilidad de uso de equipos y tecnologías eficientes energéticamente, así como tecnologías de control.
- Evaluar oportunidades de mejora del desempeño en la integración con los sistemas ya existentes. Por ejemplo, uso de calor residual para calentar espacios.
- Diseñar sistemas de distribución para minimizar pérdidas. El equipo de generación debe dimensionarse y diseñarse al final del proyecto (A menudo es comprado al inicio debido al tiempo largo de entrega)
- Considerar nivel de automatización y control.
- Tan pronto como sea posible tener una revisión del diseño energético
 - Solicitar pruebas de garantía en fábrica
 - Validar en campo los requerimientos y especificaciones de los equipos que usan energía
- Asegurar las garantías del Fabricante (Normales y extendidas) así como el acceso a partes y repuestos.
- Tener en cuenta espacios físicos y condiciones ambientales que favorezcan el desempeño energético.

En organizaciones que poseen departamentos de proyectos para satisfacer las necesidades internas de modificaciones, ampliaciones o de mantenimiento, se recomienda desarrollar cursos de selección eficiente de equipos, en donde se establezcan los criterios de selección de equipos y sistemas para el mejor aprovechamiento energético de los mismos, evitando sobredimensionamientos o subdimensionamientos que afecten tanto al proceso como la operación.

d) *Requerimientos legales o de las partes interesadas aplicables*

En los nuevos diseños es necesario el cumplimiento de los requerimientos legales vigentes aplicables. En Colombia se encuentra vigente el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas que aplica a todos los sistemas, independientemente si son o no usos significativos de energía, así como el Reglamento técnico de Iluminación y Alumbrado Público. También pronto estarán en vigor otros reglamentos como el de Calderas etc.

3. Verificar y hacer seguimiento al diseño

La organización de mantener un Registro de la evaluación realizada al diseño sobre la base de lo requerido por la Norma y la información necesaria para hacer seguimiento a los impactos del desempeño energético.

Criterios de desempeño energético en adquisición

Los criterios de desempeño energético en la adquisición permiten evitar a la organización la introducción de equipos ineficientes que se convierten en objeto de nuevas inversiones para mejoras del desempeño energético o que tienen costos de inversión bajos pero operacionales altos, y terminan con costos de ciclo de vida mayores que equipos eficientes con costos de inversión un poco más altos.

Se recomienda realizar este filtro estableciendo criterios eficientes de compra de equipos o servicios que usen significativamente la energía. La definición de estos criterios depende de cada organización.

Una vez establecidos los criterios de evaluación sobre la base del desempeño energético, es indispensable comunicar a los proveedores de equipos y servicios vinculados con usos significativos de energía, que sus ofertas serán evaluadas según los criterios establecidos.

Ocurren muchos casos en los cuales estos aspectos no se cumplen y la compra de un equipo o un servicio termina empeorando el desempeño energético.

Ejemplos:

- Se realiza un servicio de mantenimiento de torres de enfriamiento que consiste en esencia en la limpieza de rellenos. Al terminar el servicio los técnicos de mantenimiento instalan la polaridad invertida de los motores eléctricos del ventilador y se reduce significativamente el flujo de aire, con ello se debe incrementar el flujo de agua de enfriamiento al proceso y se aumenta el consumo de energía. Este mantenimiento debió terminar con la mejora del sistema, sin embargo, finalizó con un mayor costo operacional.
- Se compra un conjunto motor-bomba con sistema de regulación de flujo por válvula de control que consume 100.000 kWh con una inversión inicial de USD 5.000. Si se hubiera comprado el mismo conjunto pero con variador de velocidad en lugar de válvula para el control de flujo, su inversión hubiera sido USD 8.000, 1,6 veces más costosa. Sin embargo, al tener en cuenta los costos operacionales de ambos equipos, más el costo de inversión inicial, el costo total de ciclo de vida de la de menor inversión, termina siendo USD 74.800 y el de la de mayor inversión inicial sería de USD 38.400, es decir 1,94 veces menos. Es común que se compre la de menor inversión inicial.

Un problema común en las compras de las organizaciones es la definición de especificaciones técnicas, que en algunas ocasiones no se encuentran en el mercado o tienen tiempos de

entrega y costos superiores a otras no adecuadas pero que pueden servir para el objeto de uso. En muchos de estos casos se decide adquirir la opción con especificaciones distintas a las establecidas por los técnicos. Esto ocurre comúnmente por premura en arranques de procesos o por no informar a los técnicos del cambio de especificaciones de su compra.

Un procedimiento de compra, basado en criterios de adquisición de equipos y servicios que impacten significativamente, el uso, el consumo o la eficiencia energética pueden solucionar estos problemas y sentar las bases en la empresa para formar una cultura en estos aspectos; es de decir, seleccionar y adquirir equipos por su desempeño y no los precios en el mercado.

Cuando se habla de compra de servicios de energía se hace referencia a servicios de suministro de energía térmica o eléctrica, servicios de mantenimiento, asesorías energéticas, entrenamientos, capacitaciones, consultorías o diseño de proyectos entre otros.

Algunas preguntas que pueden utilizar las organizaciones para establecer los criterios de adquisición de servicios y equipos de uso significativo de energía son:

- ✓ En qué situaciones se aplican los criterios (a partir de una cantidad de energía consumida, equipos o servicios destinados a usos significativos de energía etc...)
- ✓ Qué se requiere para hacer la compra (especificaciones técnicas, aprobación de un especialista etc...)
- ✓ Quién revisa (especialista que verifica especificaciones técnicas, cumplimiento de requisitos ambientales o leyes vigentes técnicas, tributarias, sociales, aplicables a compras etc...)
- ✓ Cómo se hace la compra (por licitación, solo proveedores registrados y categorizados o comunicados de la política de la empresa etc...)
- ✓ A quién se compra (requisitos de los proveedores)
- ✓ Cómo se retroalimenta la compra (comunicaciones con proveedores, quién autoriza cambio de especificaciones, qué hacer en caso de no existir el producto o servicio en la forma planteada)
- ✓ Evaluación de la compra (criterios de evaluación de la compra respecto a lo que se solicitó y/o evaluar las diferentes opciones de compra antes de realizarla)
- ✓ Responsable de la compra (quién responde por compras de equipos o servicios energéticos que impacten significativamente el consumo de la organización)

Para incorporar criterios en adquisiciones con impacto en el desempeño energético pueden seguirse las siguientes actividades:

- Evaluar e Identificar las necesidades de compras de equipos, mantenimientos, asesorías, consultorías u otros servicios que impactan significativamente en el consumo, uso o eficiencia energética de la organización.
- Identificar los proveedores de servicios, productos o equipos vinculados al aspecto anterior.

- Definir criterios para la compra de equipos, productos o servicios que impactan significativamente en el consumo, uso o eficiencia energética de la organización.
- Definir el procedimiento de compras de acuerdo a los criterios establecidos.
- Comunicar a los proveedores y al Dpto. de registro de proveedores, los criterios o elementos del procedimiento que los involucre.
- Socializar el procedimiento y los criterios al interior de la empresa.

En organizaciones que cuentan con un procedimiento de compras, este debe ser actualizado teniendo en cuenta la política energética. En el caso opuesto, se recomienda establecer un procedimiento que incluya los criterios energéticos a evaluar durante la selección de proveedores.

Ejemplos

Los equipos de uso significativo de energía deben evaluarse no por su inversión inicial sino por su costo de ciclo de vida, ya que el costo operacional de energía es alto.

A continuación, se presenta un ejemplo simple que facilita la comprensión de esta evaluación:

Ejemplo: ficha de costo del ciclo de vida de una bomba						
<i>Costo de la energía \$0.07 / kWh</i>			<i>Costo de la mano de obra de mantenimiento \$20 / h</i>		<i>Tasa de descuento neta: 5%</i>	
Opciones	Consumo anual de energía	Costo inicial	Costo anual de mantenimiento y operación	Costo anual de energía	Vida útil	Costo del ciclo de vida
Bomba de velocidad fija con válvula de control	100.000 kWh	\$5.000	\$85	\$7.000	15 años	\$74.800
Bomba de velocidad variable	42.860 kWh	\$8.000	\$115	\$3.000	15 años	\$38.412

Observaciones: Ambos equipos tienen garantía sobre toda su vida útil.

Información documentada asociada a los criterios de diseño y adquisición

- Registros de resultados del diseño
- Criterios de desempeño energético en procedimientos asociados a diseños o modificaciones de procesos, sistemas o equipos.
- Criterios para evaluar el uso, consumo y eficiencia de la energía durante la vida útil planificada o esperada, al comprar productos equipos y servicios.
- Especificaciones de compra de energía documentadas
- Comunicaciones a los proveedores donde se evidencie que el desempeño energético es uno de los criterios de evaluación para la adquisición.

F. Evaluación del desempeño energético y del SGE

La evaluación del desempeño representa la etapa de verificación del ciclo PHVA de un sistema de gestión de la energía. En esta etapa se realiza seguimiento tanto a la mejora del desempeño energético como a la efectividad del SGE.

La evaluación del desempeño se centra en los elementos que han sido establecidos en etapas previas del sistema y por esto muchas de las herramientas a utilizar ya han sido abordadas en la presente guía. De la misma manera, una empresa que se encuentre en la etapa de evaluación de su desempeño ya contará de manera previa con las competencias y recursos destinados para la realización de las tareas.

Teniendo en cuenta lo anterior, los contenidos de esta sección se centran en entender las actividades y conceptos necesarios para la evaluación del desempeño y en presentar ejemplos de cómo pueden visualizarse los resultados. Adicionalmente se introducen los conceptos asociados a la auditoría interna de un SGE, como una herramienta específica de evaluación del desempeño que no había sido abordada previamente.

2.16. Seguimiento medición y análisis para evaluar el desempeño energético y del SGE

Lograr una adecuada evaluación del desempeño energético requiere la aplicación de tres conceptos asociados:

Medición, es el proceso llevado a cabo para determinar un valor. Para el SGE implica la toma fidedigna de la información requerida para determinar el comportamiento del indicador que demuestra el estado del desempeño energético. No todos los aspectos usados para la evaluación de desempeño requieren de medición. Por ejemplo, las actividades asociadas a los planes de acción requieren de seguimiento, pero no de medición.

Seguimiento, es el registro de la información y del indicador con una frecuencia determinada que define la organización, pero que debe ser adecuada para poder realizar correcciones, en caso necesario, que produzcan la mejora.

Análisis, es la evaluación del resultado de la medición y el seguimiento. Debe existir un criterio para realizar el análisis que debe ser definido por la empresa.

Del análisis se produce una salida si el indicador de desempeño no es el esperado. Las salidas pueden ser:

- ✓ Una explicación de la causa del deterioro (ya que se debe a una causa no controlable o evitable)
- ✓ Una corrección (acción inmediata sobre el efecto, cuando se debe a causas controlables o evitables)

- ✓ Una acción correctiva (es una acción que se asegura de que la situación que generó la desviación no vuelva a ocurrir)

Es importante que los resultados del seguimiento y medición de las características principales sean registrados, ya que además de servir de evidencia del cumplimiento del requisito, contribuirán a evaluar la mejora.

Actividades y responsabilidades

1. Definir las características clave que requieren de medición o seguimiento

La información utilizada en el seguimiento del desempeño del SGE puede variar según la organización, sin embargo existen algunos aspectos básicos que permitirán realizarlo de una manera adecuada, así como pautas para identificar información adicional requerida como:

- La evaluación **del desempeño energético** requiere de la comparación de los indicadores de desempeño energético, las líneas de base energética y las metas energéticas. De igual manera, implica el seguimiento a los usos significativos de la energía, teniendo en cuenta el análisis de los controles operacionales (y por ende el comportamiento de las variables relevantes asociadas) y de las otras características relevantes identificadas durante la revisión energética.

La información principal asociada al desempeño energético, así como las actividades principales para su seguimiento se define durante la planificación para la recopilación de datos de energía (ver sección 2.10).

- La **evaluación del desempeño del SGE** implica el seguimiento a los planes de acción (¿Se están desarrollando?, ¿Qué dificultades se han presentado?) así como la evaluación de su eficacia, en términos de si se están o no cumpliendo las expectativas de mejora del desempeño energético, según los métodos de verificación que se establecieron durante su formulación. Igualmente requiere el seguimiento a los objetivos trazados en otras áreas de la organización para dar cumplimiento a la política energética, por ejemplo, los requisitos con las partes interesadas. Finalmente, implica la revisión del estado de todos los componentes del sistema, para lo cual se utiliza una auditoría interna del Sistema de Gestión de la Energía.

2. Definir una frecuencia de medición adecuada

La determinación de la frecuencia de seguimiento es un aspecto fundamental para asegurar una buena evaluación del desempeño. Por ejemplo, si la frecuencia de la medición y el registro es anual, no se podrá realizar corrección alguna cuando haya desviaciones, inconsistencias o

deterioro del indicador, debido a que no se conocerá el momento y motivo por el cual se produjo la falla, por lo tanto, no se sabrá donde actuar el próximo año para mejorarlo.

En cambio, si la frecuencia de medición es horaria o diaria es probable que sea mucho más fácil identificar el momento y causa del deterioro del indicador, actuar sobre el con una corrección o acción correctiva y evitar que el impacto de su deterioro dure todo un año, sino solo el tiempo que se dedicó en efectuar la corrección.

Para los Usos Significativos de la Energía, es importante que la frecuencia de medición de los parámetros establecidos para el control operacional consumo sea horaria o diaria. Esto permitirá un análisis del desempeño en tiempo real para realizar acciones correctivas inmediatas sobre las desviaciones operacionales detectadas. En caso de que se realice seguimiento al consumo de los USE, es conveniente usar las mismas frecuencias de medición que las usadas para los parámetros de control.

De otra parte, los planes de acción deben ser medidos de acuerdo a como se declaró en su elaboración.

A continuación, se muestra un ejemplo de selección de características para medición y seguimiento del desempeño energético incluyendo la frecuencia de medición.

Parámetro de seguimiento	Procedimiento de seguimiento	Frecuencia de medición
IDE	Gráfico de seguimiento Indicador base 100	Diaria, Turnos
Variables significativas de USE	Procedimiento de control operacional	Diaria, Turnos
Planes de acción	Indicador de seguimiento de tareas de plan de acción, criterio de consecución de objetivo	Mensual
Consumo real vs esperado	Gráfico de tendencia	Mensual, Diaria, Turnos
Balance de energía	Gráfico de balance	Mensual, Semestral, Anual
Facturación de la energía	Gráfico de cumplimiento del presupuesto, grafico de tendencia a nivel de empresa	Mensual

3. Establecer criterios para determinar desviaciones significativas del desempeño energético y procedimientos para investigar y responder a las desviaciones

Para identificar desviaciones frente al desempeño energético, es necesario en primera instancia, establecer qué se considera una desviación significativa del desempeño. Esto puede definirse en función de (por ejemplo) o a través de otra observación, por ejemplo *tres días consecutivos de consumo de energía del USE por encima del valor correspondiente al de su línea de base*. Una herramienta que puede usarse para el seguimiento de los parámetros son los gráficos de control, en los que a partir de la información históric se

establecen límites de control para el seguimiento periódico de variables de interés . En la **Ilustración 30** se muestra un ejemplo de un cuadro de control para el consumo de energía de un *Chiller*.

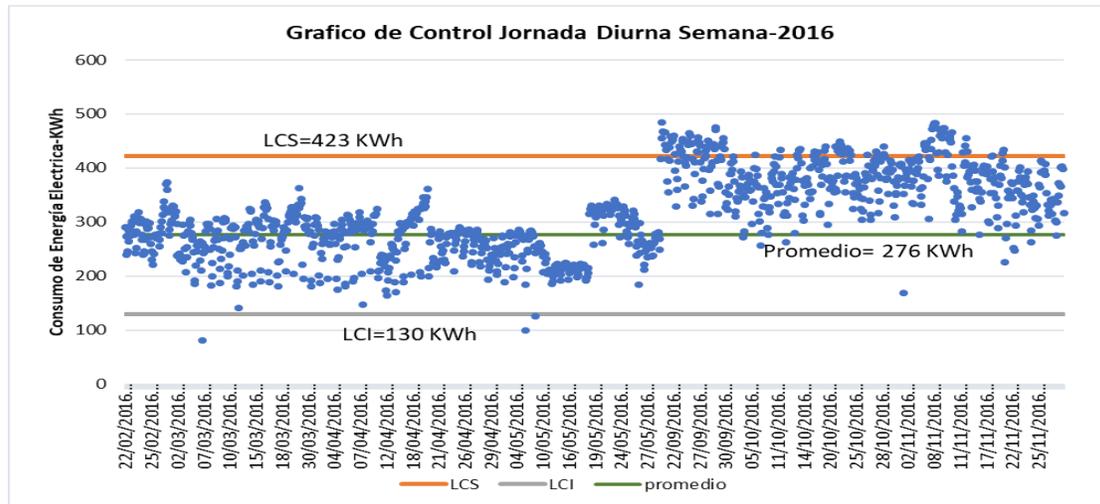


Ilustración 30. Gráfico de control de funcionamiento de un chiller

Posteriormente debe identificarse qué procedimiento seguir cuando se encuentre la desviación. Es importante identificar las causas raíces de la desviación, realizar las correcciones pertinentes y realizar las acciones correctivas que aseguren que el hecho no vuelva a ocurrir. A continuación se muestra un ejemplo de un procedimiento para atender a desviaciones frente al desempeño:

- ✓ Si ocurre la desviación, informar al superintendente del área
- ✓ El superintendente revisará el cumplimiento de los criterios operacionales en el período en que ocurrió la desviación.
- ✓ Si el superintendente encuentra desviación de los criterios operacionales, informa al operador para su corrección y verifica la realización de la corrección
- ✓ En caso que no exista desviación de parámetros de control, el superintendente verifica la calibración del instrumento de medición, si es inadecuada lo corrige y verifica la medición, si es adecuada, entonces es posible que exista una causa no identificada.
- ✓ Para identificar esta causa, se desarrolla una actividad de investigación usando el método de los 5 por qué con operadores, del momento donde ocurre la desviación, para identificarla.

Los procedimientos correspondientes y los resultados de la investigación de causas hacen parte de la información documentada del sistema.

4. Análisis y comunicación de los resultados de la evaluación del desempeño

La información de seguimiento debe ser analizada para obtener conclusiones sobre la evaluación del desempeño energético. Los resultados deben ser comunicados a las divisiones de la organización que así lo requieran. La comunicación puede incluir gráficos o explicaciones para facilitar la interpretación del análisis.

En los siguientes ejemplos se muestra un análisis gráfico de mejora del desempeño energético con base en distintos indicadores de desempeño energético (ver sección .2.8. Utilización de los Indicadores de desempeño energético para detalles sobre estos indicadores).

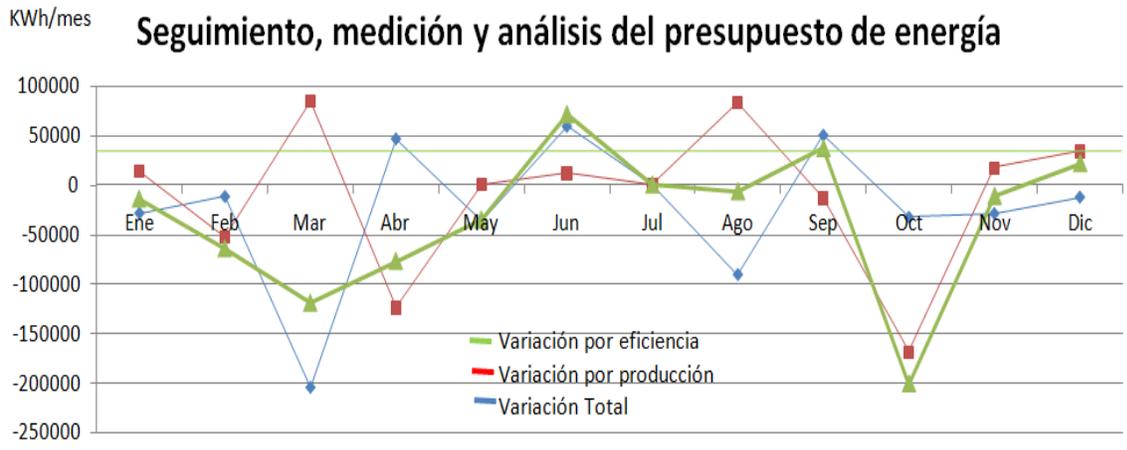
Ilustración 31. Ejemplo de registro del seguimiento, medición y análisis de medida de control operacional de control de purgado de una caldera de vapor, mediante indicador de tendencia de consumos

Método de análisis: Desviación acumulativa del consumo respecto al consumo base



Ilustración 32. Ejemplo de mejora análisis de mejora del desempeño energético usando el indicador de tendencia de consumos

Método de análisis: desviación del presupuesto por eficiencia energética



Información documentada asociada a la evaluación del desempeño energético

- Resultados del seguimiento y medición de las características principales
- Procedimientos para atender a desviaciones significativas del desempeño energético
- Registros de las acciones tomadas para atender a las desviaciones del desempeño energético

2.17. Auditoría interna del Sistema de Gestión de la Energía

Las auditorías son un proceso sistemático, planificado, independiente y documentado, para obtener evidencias del cumplimiento de requisitos, políticas o procedimientos establecidos por la organización. Permiten determinar el grado de cumplimiento y avance del SGE y evidenciar de manera objetiva su efectividad. Además, aportan insumos para evaluar las mejoras en el desempeño energético y contribuyen a la identificación y priorización de oportunidades de mejora asociadas.

Las auditorías internas se deben realizar periódicamente para verificar que el sistema es establecido, implementado y mantenido eficazmente. Pueden ser llevadas a cabo por personal propio de la organización o por personal externo (partes que tienen interés en la organización, empresas especializadas en auditoría u otras). En ambos casos los auditores deben regirse por los procedimientos internos del SGE y se debe mantener la objetividad e imparcialidad durante todo el proceso.

Un auditor de un SGE debe tener conocimientos y habilidades específicas en ISO 50001 y en auditorías internas, así como conocimientos generales en gestión de la energía (p.ej terminología energética, criterios para establecer líneas base e IDEs, criterios para identificar USEs y conocimientos de los requisitos legales aplicables). Además, es importante que cuente con conocimientos técnicos asociados a los USEs de la organización. Si la organización decide

emplear auditores de otras normas (por ejemplo ISO 14001 o 9001) en la auditorías internas de su SGE, debe asegurarse de complementar sus competencias para cumplir con el perfil descrito.

Si una empresa tiene interés en certificar su sistema de gestión, deberá recibir una auditoría externa de un ente certificador. Estas auditorías tienen la misma metodología de una auditoría interna pero deben cumplir algunos requisitos adicionales para emitir la certificación. La norma NTC:ISO 50003 presenta los requisitos para los organismos que realicen auditorías de certificación de un SGE bajo lineamientos de la ISO 50001.

Cabe resaltar que una auditoría interna NO es:

- Una auditoría energética
- Una evaluación de la viabilidad de oportunidad de ahorro energético
- Una evaluación de la eficiencia de energía de un proceso o sistema
- Una evaluación del desempeño del personal
- Una batalla entre el auditor y los auditados

Actividades para el desarrollo de auditorías internas de un SGE

Los lineamientos para realizar auditorías internas de un sistema de gestión pueden consultarse en la GTC:ISO 19011 y en otra bibliografía complementaria. En esta guía se resumen los principales aspectos de una auditoría interna, enfatizando en aquellos de mayor interés para el sistema de gestión de la energía.

Las auditorías internas tienen como objetivo identificar hallazgos sobre el SGE. Un hallazgo corresponde al cumplimiento de un requisito de la ISO 50001 (conformidad) o un incumplimiento de un requisito (no conformidad). Pueden determinarse otro tipo de hallazgos (por ejemplo, observaciones, fortalezas) pero deben ser definidos al principio de la auditoría. Los hallazgos pueden responder a otros requisitos (por ejemplo, de las partes interesadas) siempre y cuando así se haya fijado en los objetivos de la auditoría.

En la planificación de una auditoría intervienen dos aspectos principales: el programa de auditoría, que es un cronograma de las auditorías que se realizarán durante un año para evaluar el SGE en su totalidad; y el plan de auditoría, que es el plan detallado de trabajo durante una auditoría.

Las auditorías incluyen una etapa de preparación, una etapa de recolección de información en campo y una etapa de presentación de resultados. En la etapa de preparación es muy importante que los auditores revisen la información clave sobre el SGE de la empresa, incluyendo política energética, manual del SGE (o equivalente), resultados de la revisión energética, líneas de base energética e IDE y resultado de auditorías previas.

Las auditorías internas se deben regir por algunos principios que aseguren su imparcialidad y objetividad. Estos mismos principios se deben reflejar en los auditores internos. Además, los

hallazgos encontrados en el proceso, deben estar basados en hechos, documentos, datos o registros y no en opiniones de los auditores. La recolección y verificación de la información se realiza a través de entrevistas, observaciones, revisión de documentos y registros. Las evidencias de los hallazgos, principalmente no conformidades, deben ser registradas.

Los hallazgos de una auditoría (conformidades, no conformidades) se consignan en un informe de auditoría. Para el SGE, es de alta importancia que el auditor entienda cómo cada uno de estos hallazgos se relacionan con la mejora del desempeño energético y lo de entender a los auditados y a otras partes interesadas en los resultados de la auditoría.

Información documentada asociada a la auditoría interna

- Lista de verificación del cumplimiento de los requisitos de la ISO 50001
- Formatos para el registro de evidencias y hallazgos de auditoría
- Programa y planes de auditoría
- Informe de auditoría

2.18. Revisión por la dirección

Con el fin de verificar el cumplimiento y asegurar el mejoramiento continuo del sistema de gestión de la energía, se realizan revisiones por la dirección. Por ello, dentro de ciclo PHVA, esta etapa ocupa un lugar privilegiado e inherente, pues permite conocer si las políticas, objetivos, metas energéticas y en general todo el SGE establecido es eficaz y adecuado. Además, permitirá generar acciones para el mejoramiento del sistema, por ejemplo, asignación de recursos adicionales.

Se realiza periódicamente para:

- Identificar y analizar cómo se está implementando el SGE
- Verificar el mejoramiento del desempeño energético
- Identificar las barreras, inconvenientes y problemas presentados durante la implementación
- Conocer los logros y avances
- Formular el plan para el próximo periodo
- Establecer los recursos y responsabilidades que garanticen el cumplimiento del plan

Actividades asociadas a la revisión por la alta dirección

1. Programación de la revisión por la dirección

La frecuencia de la revisión por la dirección depende del tamaño, tipo y naturaleza de la organización. Algunas organizaciones la realizan anualmente. Sin embargo, puede llevarse a

cabo con mayor frecuencia (semestral o cuatrimestralmente) a través de diferentes medios como reuniones de las áreas estratégicas o presentaciones a la gerencia.

No obstante, cada vez que se finalice la etapa de planificación energética se debe realizar esta revisión, con el objetivo de establecer acuerdos para los objetivos y metas energéticas, definir los recursos necesarios para la implementación de planes de acción y lograr un apoyo y compromiso con el SGE.

2. Recopilar toda la documentación y registros necesarios para realizar la revisión

En este paso se recopila toda la información energética necesaria para realizar la revisión. Los responsables de este paso son los miembros del comité de gestión de la energía y el representante de la dirección.

Se analiza:

- Avance del SGE. Estado actual.
- Cambios/adiciones en los USE
- Indicadores de desempeño energético (¿Reflejan el uso y consumo de la energía?)
- Evaluación de los sistemas de mediciones actuales ¿son suficientes? ¿se necesitan más mediciones calibradas?
- Necesidad de ampliación del alcance
- Nuevas fuentes de energía - cogeneración, renovables, cambio de combustible
- Cumplimiento oportuno de objetivos y metas energéticas
- Planes de acción implementados oportunamente
- Recursos para alcanzar la política energética y planes de acción
- Expectativas, motivación y compromiso del personal
- Necesidad de actualizar establecer nuevos objetivos y metas
- Cuando se cumplieron los objetivos y las metas anteriores
- Cuáles serán los nuevos planes estratégicos

3. Realización de la revisión por la dirección

Durante la revisión por la dirección es importante analizar toda la información suministrada y analizar las causas de las desviaciones frente a los resultados esperados. Los resultados de la revisión deben dar cuenta de aspectos pertinentes para mejorar el SGE tales como cambios en los alcances y límites (ampliación o disminución) o asignación de nuevos recursos (por ejemplo nuevos equipos de medición asociados a los USE, nuevos recursos de capacitación, recursos para continuar o iniciar proyectos).

Debe asegurarse que resultados finales de la revisión sean adoptados formalmente por la dirección (por ejemplo, a través de las firmas de actas o compromisos de la reunión).

Ejemplos

A continuación, se presenta un esquema para organización de la revisión por la dirección:



Información documentada asociada a la revisión por la dirección:

- Información de entrada para la revisión (presentaciones, informes etc.)
- Acta de la reunión
- Informe de la revisión por la dirección

G. Mejora continua del SGE y tratamiento de no conformidades

La etapa de mejora continua cierra el ciclo PHVA de un sistema de gestión. Las actividades asociadas son transversales a todo el sistema y cobran mayor fuerza entre mayor antigüedad y madurez tenga el sistema.

Como aspecto transversal de todo el SGE, la organización debe responder a no conformidades, (es decir, a incumplimiento de requisitos de la ISO 50001 o de otros requisitos establecidos por la organización) a través de acciones correctivas.

Adicionalmente, debe asegurar el desarrollo de actividades para mejorar continuamente su SGE y su desempeño energético, así como contar con todas las evidencias que permitan evaluar su eficacia, compararse con el desempeño de periodos pasados y realizar acciones de mejora.

Actividades asociadas

1. Identificación de no conformidades

En secciones anteriores se ha hablado de la identificación de no conformidades asociadas a control operacional o a hallazgos de una auditoría interna. No obstante, el incumplimiento de

un requisito puede ser evidenciado por muchos otros canales, tal como comunicaciones de las partes interesadas, sugerencias de los empleados o observaciones del equipo de gestión de la energía. Las no conformidades en ocasiones resultan de eventos inesperados, por ejemplo, malos diligenciamientos de registros que evidencian oportunidades en su mejora para evitar eventos adversos a la mejora del desempeño energético.

Las no conformidades pueden ser mayores o menores. Una no conformidad mayor se presenta cuando se incumple en su totalidad un requisito de la norma ISO 50001, cuando se genera un gran impacto en el desempeño energético, o cuando se ha reincidido constantemente en ella. Las no conformidades menores representan un impacto mínimo en el sistema.

2. Identificación de causa raíz de una no conformidad

La correcta identificación de la causa de una no conformidad conllevará a la eficacia de las acciones correctivas y de esta forma se minimizará el número de no conformidades en áreas similares.

En la identificación de causas raíces pueden emplearse técnicas como los cinco por qué, el diagrama de espina de pescado, lluvias de ideas, análisis del árbol de fallas o mapas de causas, entre otros. Estas técnicas se encuentran ampliamente documentados en bibliografía del área administrativa o páginas de internet enfocadas en esta temática.

Cabe resaltar que la realización de análisis de causas permite identificar no conformidades potenciales lo cual llevará al planteamiento adecuado de acciones correctivas.

3. Tratamiento de no conformidades

Para el tratamiento de las no conformidades se establecen correcciones y acciones correctivas. Las acciones correctivas son aquellas que eliminan la causa raíz de la no conformidad. La corrección es una acción para eliminar la no conformidad detectada.

Es muy importante que se realice seguimiento a las acciones correctivas con el fin de garantizar que los problemas no se vuelvan a presentar. Las organizaciones que cuentan con otros sistemas de gestión implementados (por ejemplo SGC según ISO 9001), pueden disponer de las herramientas y procedimientos de estos sistemas para el tratamiento de no conformidades.

4. Creación de una cultura de mejora continua

La organización debe buscar que las no conformidades hagan parte de su cultura y se asocien a oportunidad de establecer y priorizar acciones de mejora del desempeño energético. No se deben negar o tratar de ocultar, pues afectan las condiciones normales de operación del SGE. Si la organización lo considera pertinente, puede dar otros nombres a las no conformidades

para asociarlas a un aspecto propositivo o de mejora. Por ejemplo, la metodología *energy star* de gestión de energía para las industrias, habla de tesoros que deben ser encontrados.



Ejemplos de no conformidades, correcciones y acciones correctivas

- 1. No Conformidad:** Se evidenció el desconocimiento de la política energética, procedimientos y beneficios del SGE por parte de los operarios del área de embotellado de la planta 1 de la organización evidenciando el incumplimiento del requisito 4.5.2 y 4.5.3 de la NTC- ISO 50001.

Corrección: Socializar la política energética, procedimientos y beneficios del SGE a los operarios del área de embotellado de la planta 1

Acción correctiva: Planificar adecuadamente los procesos de capacitación y toma de conciencia con todos los trabajadores de la organización. Estipular las fechas recursos, seguimiento y evaluación periódica. De tal forma que se garantice el conocimiento del SGE en todos los trabajadores de la organización
- 2. No Conformidad:** Se evidencia el incumplimiento del procedimiento de control de parámetros críticos, el cual establece que el porcentaje de escape de oxígeno en el sistema de vapor debe oscilar entre 2 y 3.5%. Durante la revisión de los registros se observó que el rango de escape oscila entre 7 y 9%. Incumpliendo el procedimiento establecido.

Corrección: Ajustar la combustión

Acción correctiva: Capacitar a los operarios del área de calderas en el uso y manejo eficiente de este equipo, parámetros de operación y procedimientos eficientes.
- 3. NC:** El programa de mantenimiento establece que se debe realizar un lavado químico a las calderas cada 5 o 6 años de operación continua, sin embargo a las calderas nunca se les ha realizado este tipo de limpieza, lo cual disminuye su eficiencia y genera mayores consumos de energía debido a las incrustaciones. Generando así un incumplimiento en el procedimiento.

Corrección: Realizar el lavado químico a la caldera

Acción correctiva: Procedimiento de lavado de calderas. Información documentada asociada

4. **No Conformidad:** Los indicadores se encuentran desactualizados y no miden el desempeño energético de la organización. Incumpliendo el requisito 4.4.5 de la norma NTC - ISO 50001

Acción correctiva: Realizar una capacitación en formulación, medición y seguimiento de indicadores de desempeño energético al personal involucrado con los indicadores. Formular nuevamente los indicadores y evaluar que midan el desempeño energético

CAPÍTULO 3. Estudios de caso

En el presente capítulo se presentan dos casos de implementación de Sistemas de Gestión de la Energía extraídos de la experiencia colombiana en el trabajo con industrias, a través del programa EEI Colombia y otras iniciativas de la Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética RECIEE.

A. Caso de estudio 1: Implementación de un SGE en una empresa de cables para el sector eléctrico y telecomunicaciones

Adopción de un SGE dentro de una estrategia integral de sostenibilidad en Nexans Colombia

La empresa Nexans Colombia hace parte de un holding internacional, con sede en Europa y plantas en varios países latinoamericanos. La oferta de mercado se centra en cables para instalaciones eléctricas y de telecomunicaciones para una diversidad de usos finales que incluyen edificaciones, obras públicas y clientes industriales.

Desde la casa matriz de la organización se han promovido políticas de sostenibilidad en el uso de los recursos, incluyendo la energía. El gerente nivel Colombia participó en algunas de los eventos iniciales del programa EEI Colombia e identificó que un Sistema de Gestión de la Energía resultaba una estrategia adecuada para alinear los elementos de la planta en función de la estrategia corporativa de la empresa.

La empresa inició las primeras tareas de implementación formando al Subgerente de mantenimiento como gestor energético bajo el programa EEI Colombia y asignándole dentro de sus funciones el liderazgo en la implementación del SGE. Durante los primeros meses se estableció el comité de gestión de la energía y se inició la revisión energética de la empresa. En este proceso se identificó que la información disponible y las complejidades del sistema productivo presentaban importantes oportunidades, pero requerían del fortalecimiento del equipo. De esta manera, se vinculó a una practicante de las Universidades participantes del

programa EEI Colombia para apoyar la implementación del sistema, quien posteriormente ingreso a la empresa como ingeniera para la coordinación del sistema.

En el análisis de partes interesadas, la empresa tuvo en cuenta a la casa matriz como una organización interesada en los resultados del SGE. En los requisitos asociados a esta parte interesada se estipuló la realización de un informe periódico con los resultados del sistema.

Previo al inicio de las acciones de implementación del SGE, la empresa contaba con un sistema de gestión integrado. Al establecer la política energética la empresa resaltó el enfoque de sistemas de gestión integrado para lograr el mejoramiento continuo del desempeño energético, teniendo como premisas:

- El intercambio de experiencias a través del dialogo con grupos de interés.
- La innovación y su fomento a través de capacitación
- La aplicación de criterios de eficiencia energética en la adquisición de productos y servicios, así como el diseño de procesos y actividades.
- La motivación y formación del personal.
- La integración de un enfoque de sustentabilidad como parte de una visión empresarial.

Al iniciar su proceso de planificación, la empresa realizó un análisis DOFA para identificar los posibles riesgos y oportunidades relacionadas con su desempeño energético y con el SGE:

MATRIZ DOFA SGE	
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Falta de conciencia energética en los empleados ➤ Elevado costo de mantenimiento de equipos ➤ Gran cantidad de energía eléctrica consumida. ➤ Escasa probabilidad de mejora en procesos energéticos. ➤ Alta inversión en equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Variabilidad en el mercado ➤ Inestabilidad en la producción. ➤ Mala programación de la producción. ➤ Toma de decisiones repentinas asociadas a la producción. ➤ Incumplimiento de estándares de procesos.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Buena estructura jerárquica de la organización. ➤ Grandes producciones. ➤ Gran conocimiento del producto en el mercado. ➤ Procesos muy conocidos 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Producto muy asentado en el mercado. ➤ Mejora de costes con tecnología más eficiente. ➤ Apuesta del gobierno hacia la eficiencia energética. ➤ Amplio mercado en productos de alta eficiencia. ➤ Grandes proyectos de mejora.

Enfoque de la revisión energética

Como parte de su revisión energética, la empresa realizó un análisis de Pareto para establecer sus usos significativos de la energía. Se inició por un Pareto general en el que se identificaron las áreas productivas con mayores consumos (Ilustración 33) que posteriormente se profundizó

mediante un Pareto de consumo para los equipos de las áreas con mayor consumo (Ilustración 34).

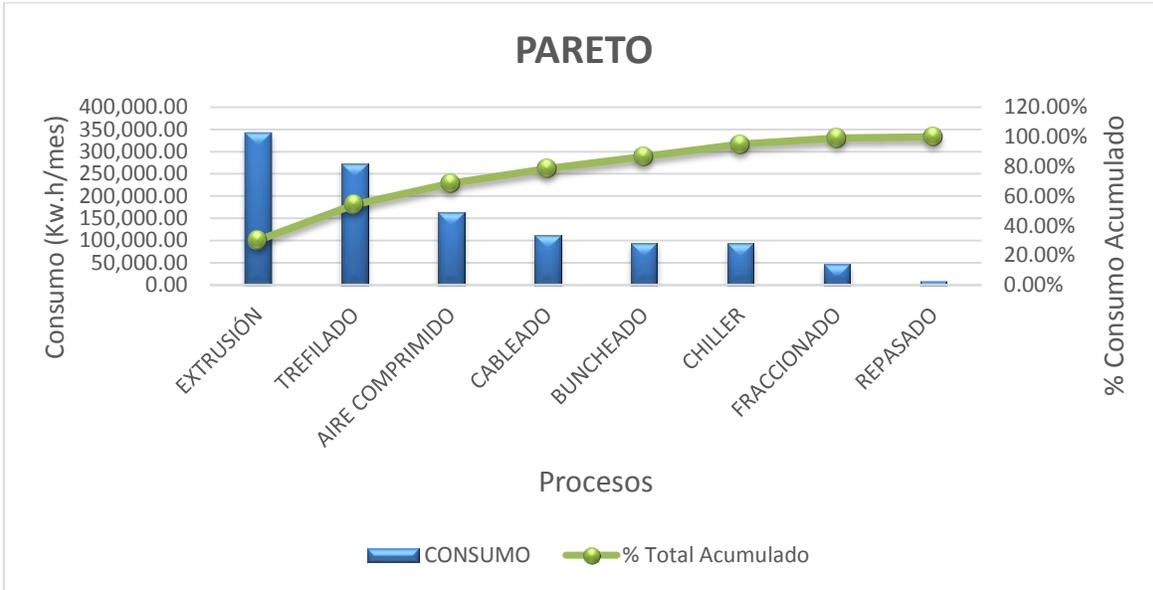


Ilustración 33. Diagrama de Pareto de consumos por área Caso de Estudio 1

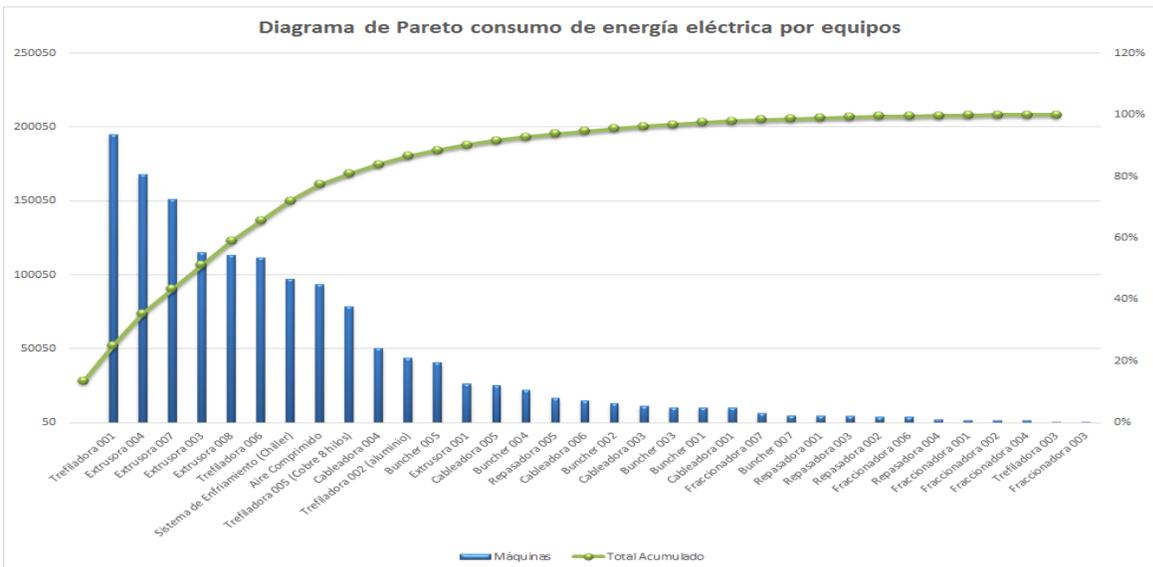


Ilustración 34. Diagrama de Pareto de consumo por por equipos , caso de estudio 1

Bajo este análisis se determinaron los usos significativos de la energía mostrados en la Tabla 21. De las treinta y dos máquinas existentes se definió que seis entrarían dentro de los USE, además de los los equipos de servicio industrial que representaban un alto potencial de mejora centrado en las buenas prácticas de uso.

Tabla 21. Definición de los Usos significativos de la energía para la empresa

Área o proceso	Máquina	% consumo del área respecto al total de planta	% consumo de la máquina respecto al total de planta
Trefilado	Trefiladora 001	25%	13%
	Trefiladora 006		8%
Extrusión	Extrusora 003	30%	8%
	Extrusora 004		12%
	Extrusora 007		10%
	Extrusora 008		8%
Servicio industrial	Aire comprimido	13%	6%
	Chillers		7%

Retos en el establecimiento de la línea base

Al iniciar el análisis de línea de base energética la empresa encontró que la correlación simple entre la energía y las toneladas totales de producción presentaba sesgos. Esta situación radicaba en que la empresa contaba con un número muy amplio de referencias que requerían de combinaciones distintas de operaciones para su producción. Dada la complejidad del proceso productivo y las dificultades de medición para cada uno de los productos o familias existentes en la empresa, se estableció como estrategia la definición de una línea de base energética multivariable.

Para el análisis se agruparon las 25 familias de cables de la empresa en cinco categorías. Bajo la premisa de que la energía total consumida por la planta es la suma del consumo asociado a cada familia de referencias, se estableció la ecuación 1 donde el valor total de consumo es conocido pero el consumo asociado a cada grupo de referencias es desconocido. Dado que el consumo para cada referencia está dado por sus propios parámetros de m (pendiente de la recta que representa la razón de cambio medio del consumo de energía respecto a la producción) y E_0 (energía no asociada a la producción) en función de la producción de cada referencia (p), la energía total puede expresarse según la ecuación 2. Dado que el consumo E_0 por definición no está asociado a ninguna de las familias de productos, la expresión se convierte en la ecuación 3.

- $E_{real} = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5$ (Ecuación 1)

- $E_{real} = (m_1p_1 + E_{01}) + (m_2p_2 + E_{02}) + \dots + (m_5p_5 + E_{05})$ (Ecuación 2)

- $E_{real} = (m_1p_1 + m_2p_2 + m_3p_3 + m_4p_4 + m_5p_5) + E_0$ (Ecuación 3)

Bajo este planteamiento se realizó un análisis de regresión múltiple para obtener los coeficientes m_1, m_2, m_3, m_4, m_5 y el intercepto E_0

Tabla 22. Parámetros de la ecuación de línea de base multivariable

<i>estadísticas de la regresión</i>		<i>Coefficientes</i>	
Coefficiente de		Intercepción (Eo)	287355,93
correlación múltiple	0,68	Variable m1	120,34
Coefficiente de		Variable m2	269,16
determinación R ²	0,47	Variable m3	210,30
R ² ajustado	0,38	Variable m4	49,04
Error típico	36240,36	Variable m5	58,54
Observaciones	37		

Una vez conocido lo anterior, se buscó obtener una ecuación univariable a partir del análisis de producción equivalente que permitiera graficar la ecuación obtenida para facilitar el análisis de la información. Para ello se buscó un valor m' correspondiente a la pendiente que aproximara todos los valores de las producciones. Este valor corresponde a un promedio ponderado de los coeficientes en cada una de las filas de la tabla y se puede decir que:

$$m' = \frac{(x_1p_1+x_2p_2+\dots+x_np_n)}{\bar{p}_1+\bar{p}_2+\dots+\bar{p}_n} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Entonces para cada uno de los datos en el período establecido se establece que:

$$p_{equivalente} = \frac{(x_1p_1+x_2p_2+\dots+x_np_n)}{\bar{m}_i} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Conocido los valores de los coeficientes para cada una de las familias, se calculó la producción equivalente dada por la ecuación 6 para cada uno de los períodos establecidos y se realizó el gráfico de producción equivalente mostrado en la Ilustración 35.

La ecuación de la línea base obtenida bajo el método de producción equivalente es:

$$y = 203,17x + 287.356$$

Donde x es el valor de la producción equivalente a reemplazar.

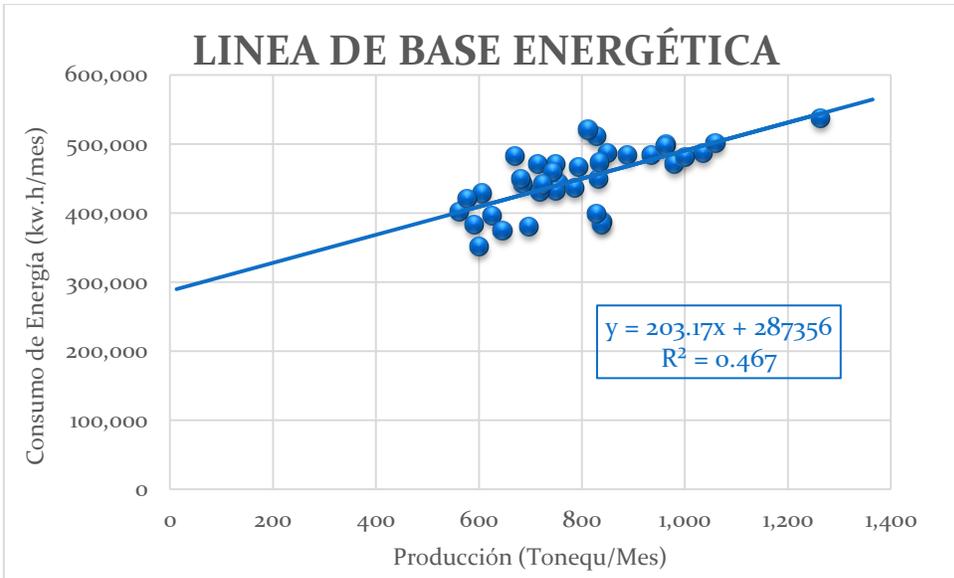


Ilustración 35. Ecuación de la línea de base energética obtenida mediante el método de producción equivalente

Este enfoque de línea base permitió a la empresa identificar las referencias sobre las que requerían centrar esfuerzos en control operacional, así como entender la distribución de los consumos de energía al interior de la planta. De igual manera, facilitó la identificación de potenciales y el planteamiento de objetivos y metas energéticas.

Actividades de operación y soporte del SGE

Para comunicar a todo el personal las actividades que se adelantaban en gestión de la energía, la empresa instauró el día de la gestión de la energía. En este día se comunicó la política energética (la cual permaneció exhibida en una pancarta en la recepción de la empresa) y se desarrollaron diferentes actividades alusivas. Además, se recogieron ideas para la mejora del desempeño energético a través de dinámicas con personal tanto productivo como de otras dependencias y se entregaron reconocimientos a las mejores ideas.

Dentro de las oportunidades encontradas en la revisión energética, la empresa priorizó los planes de acción asociados a sus USE que requerían bajas inversiones. Los reemplazos de equipos se plantearon para ser incluidos en el presupuesto de la empresa a largo plazo (para los próximos tres años) contando con recursos apropiados de los ahorros obtenidos por otras actividades del SGE.

En las áreas productivas se enfatizaron los planes de mantenimiento teniendo en cuenta criterios de eficiencia energética (Ilustración 36). En el área de trefilado se encontraron dos equipos que requerían ser reemplazados y se identificó la necesidad de instalar medidores de energía para determinar nuevos proyectos de mejora.

USE	Actividad	Frecuencia	Responsable	Instrumentos Equipos	Informar a	Procedimiento	Observaciones
TREFILADO	REVISIÓN HORNO.	MENSUAL	<ul style="list-style-type: none"> Subgerente de mantenimiento Planificador de mantenimiento Equipo de mantenimiento mecánico 	Herramientas en General	Auxiliar de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> Realizar cambio de cintas si se encuentran muy deterioradas. Revisión banda del horno que no esté rota o muy elongada. Revisión sistema de refrigeración polea principal del horno que no esté tapada. Verificar el estado de los zunchos que no estén rotos o agrietados y cambiar si es necesario. Revisión mangueras de refrigeración que no estén rotas o tengan fugas. 	
	REVISIÓN DESBASTADORA.	MENSUAL				<ul style="list-style-type: none"> Inspección de ajuste y estado de las poleas de transmisión. Revisión de correas de transmisión que no estén agrietadas, sin dientes y con buena tensión. 	Se cambian las poleas de ser necesario, se evalúa el desgaste
	LUBRICACIÓN GENERAL DE LA MÁQUINA.	MENSUAL				<ul style="list-style-type: none"> Verificar estado de las poleas de transmisión que no estén rotas o agrietadas. Verificar que los ductos de lubricación no estén tapados. Revisar q las mangueras de la lubricación no estén rotas o tapadas. 	
	REVISIÓN BOBINADOR O COLLIER.	MENSUAL				<ul style="list-style-type: none"> Revisión del estado de las poleas de transmisión verificar ajuste y que no se encuentren ranuradas o vencidas. Revisión del estado de las puntas, que tengan buen ajuste y que no se encuentren desgastadas. 	Si las bandas están agrietadas, se avisa al auxiliar para proceder a cambiarlas
	REVISIÓN CAPSTAN O HALADOR.	MENSUAL				<ul style="list-style-type: none"> Inspección del estado de la correa de transmisión, sin grietas, y con buena tensión. Revisión de la polea del capstan q no esté rallada o ranurada. Inspección del estado de los rodamientos de polea del capstan que no estén frenados o rotos. 	

Extrusión	LIMPIEZA DE FILTRO DE AGUA.	MENSUAL	<ul style="list-style-type: none"> Subgerente de mantenimiento Planificador de mantenimiento Equipo de mantenimiento mecánico 	Herramientas en General	Auxiliar de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> Revisar los filtros de entrada de agua a los canales de enfriamiento, temperatura controlada extruder de PVC y Nylon. Se destapan los filtros con llave para tubo se saca la malla (del filtro). Se le realiza limpieza con agua a presión, y si se avistan residuos de fibras se le aplica aire a presión a la malla. 	
	REVISIÓN CAPSTAN O PULLERS.	MENSUAL				<ul style="list-style-type: none"> Inspección los rodamientos del motor del capstan. Inspección de la transmisión o rodamientos. Revisión de poleas o correas. 	Se hace el mantenimiento para establecer el estao de los rodamientos, de estar dañados se debe proceder a cambiarlos.
	LIMPIEZA DE FILTRO BOMBA DE VACÍO.	MENSUAL				<ul style="list-style-type: none"> Se desmonta el filtro, si se encuentra la malla del filtro sucia se procede a limpiar con agua a presión. 	
	LUBRICACIÓN GENERAL.	MENSUAL				<ul style="list-style-type: none"> Se debe realizar la limpieza y lubricación de los puntos de los bobinadores y devanadores. Lubricación en tornillos de abrir y cerrar las puntas y plataformas. 	Revisar los niveles de aceite a través de la mirilla que se encuentra a un lado de la caja de transmisión, esta debe estar en la mitad donde lo indica.
Aire Comprimido	Cartuchos de filtro de entrada.	MENSUAL	<ul style="list-style-type: none"> Subgerente de mantenimiento Planificador de mantenimiento Equipo de mantenimiento mecánico 	Herramientas en General	Auxiliar de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> Se inspecciona y se limpian los filtros. 	Se debe establecer el estado de los filtros
	Trampas para drenaje de condensados	MENSUAL		Herramientas en General		<ul style="list-style-type: none"> Limpian los desechos o condensados, se realiza con una tanilla o una esponja. 	Se usa una tanilla o esponja especial para que no queden residuos después de limpiar.
	Nivel de aceite del compresor.	DIARIO		Herramientas en General		<ul style="list-style-type: none"> Se revisa y se llena cada vez que lo requiera. 	
	Sistemas de enfriamiento de agua.	BIMESTRAL		Estudio		<ul style="list-style-type: none"> Se contrata a un personal idóneo para que evalúe la calidad del agua, principalmente el grado de acidez (pH), el total de sólidos disueltos, el flujo y la temperatura. Se limpian o cambian los filtros y los intercambiadores de ser necesario. 	Este estudio es importante para conservar la calidad del agua en el sistema de enfriamiento.
Chiller	Limpieza Integral Externa	MENSUAL	<ul style="list-style-type: none"> Contratista encargado del estudio Equipo de mantenimiento mecánico. 	Brochas, lijas, jabón y soplador.		<ul style="list-style-type: none"> Eliminar cualquier vestigio de suciedad, desechos, polvo, hongos y moho, en las partes externas que componen el equipo con un limpiador líquido y brochas. 	Obligatorio
	Lubricación y engrase.	MENSUAL		Grasa	<ul style="list-style-type: none"> Se procede a lubricar motores, bisagras, baleros y otro mecanismo que lo requiera. 		
	Fugas de Refrigerante	MENSUAL		Herramientas en General	<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar visualmente la unidad para detectar componentes sueltos o dañados, que ocasionen posibles fugas. 	Lo debe hacer el operario encardo de la máquina de turno, que trabaje con ese chiller.	
	Limpieza del filtro	MENSUAL		Herramientas en General	<ul style="list-style-type: none"> Se realiza la limpiez del filtro, retirando los sólidos o cualquier elemento que haga obstrucción. 		

Ilustración 36. Plan de mantenimiento

Para contribuir a la reducción de fugas de aire comprimido, así como a incrementar la cultura del personal respecto a esta forma de energía, la empresa diseñó una ficha de identificación de fugas para mantener en el área operativa. En ellas, el personal contaba con una tabla para determinar los ahorros asociados a la fuga según el diámetro aproximado (en mm) y la presión (en psi). En el formato se contaba con un espacio para indicar con marcadores los ahorros mensuales que podrían obtenerse al arreglar esta fuga, que era diligenciado por los operadores

y posteriormente ubicado en el lugar respectivo de la planta. Así, las fugas podían hacerse visibles y se facilitaba su identificación y atención rápida (generalmente de un día para otro).



Ilustración 37. Ficha de identificación de fugas desarrollada en el marco del SGen

Resultados del SGE: más allá de lo energético

Mediante el SGE la planta ha logrado ahorros de aproximadamente 16% frente a su línea de base energética, luego de un año de iniciadas las acciones, además ha obtenido otros resultados donde se destacan:

1. El crecimiento de la planta dos años después de la implementación del sistema ha sido cerca del 5%.
2. Compra de 5 máquinas para el área de producción (buncheadoras, trefiladora, extrusoras, horno).
3. Del año 2018 al año 2019 el crecimiento de personal ha sido cerca de un 30%.
4. Estrecho trabajo con universidades, más oportunidades para prácticas universitarias.
5. Incremento de participación de la mujer en el sector (antes la participación de mujeres en planta era cerca de un 2% y de hombres el 98%. Hoy en día la participación de la mujer es cerca del 10%.
6. Cómo grupo corporativo se han venido desarrollando proyectos como análisis de ciclo de vida (ACV) en los productos, sus impactos y el desarrollo de estrategias para la mitigación de huella de carbono.

7. Se pasó de importar cuerda S8000 (aluminio) a fabricarlas localmente, incrementando la participación en el mercado del aluminio.
8. Las nuevas estrategias y los objetivos planteados de la compañía se basan en la mejora del desempeño energético, en ideas de innovación respecto al tema y en el reto de disminución de la huella de carbono.
9. La planta colombiana fue la primera dentro de su grupo corporativo (y actualmente la única) en tener un Sistema de Gestión de la energía implementado. El proyecto resultó de amplió interés para el grupo y recientemente la casa matriz envió una comisión de representantes de otras plantas a visitar las instalaciones colombianas para replicar el proyecto en otros países, como parte de la estrategia empresarial a largo plazo.
10. La empresa además ha recibido reconocimientos regionales en el área de sostenibilidad, para las cuales consideran que los logros en energía han resultado de muy alta importancia.

B.Caso de estudio 2: Implementación de un Sistema de Gestión Energética en una empresa del sector petroquímico

Al ser una industria energéticamente muy intensiva y comprometida con la sostenibilidad, eficiencia y competitividad; que promueve acciones enmarcadas en la producción y consumo responsable desde 2008 la alta dirección de la organización decidió implementar en conjunto con una empresa de servicios energéticos (ESCO) un sistema de gestión de la energía en la organización con el fin de aportar un cambio e impactar positivamente en el medio ambiente contribuyendo con la reducción de emisiones de Gases de efecto Invernadero (GEI).

Para dicha implementación se conformó un comité energético integrado por un representante de la gerencia para la gestión energética, jefe de ingeniería de proceso, gerente producción, jefes de planta, ingenieros de proceso, Gestor energético (ESCO), ingeniero de mantenimiento, representante de aseguramiento de la calidad y representante de recursos humanos.

Se inició con la revisión energética, en la cual se evaluó el estado actual del desempeño energético y se identificaron los potenciales de mejora existentes. Para ello se analizaron los usos y consumos de energía de los procesos de la organización, se elaboraron diagramas energético productivos que representan el flujograma de la operación junto con los consumos promedios de energía asociados a cada proceso. En estos diagramas se indica las entradas y salidas de energía y material en cada una de las transformaciones productivas ocurridas a lo largo proceso.

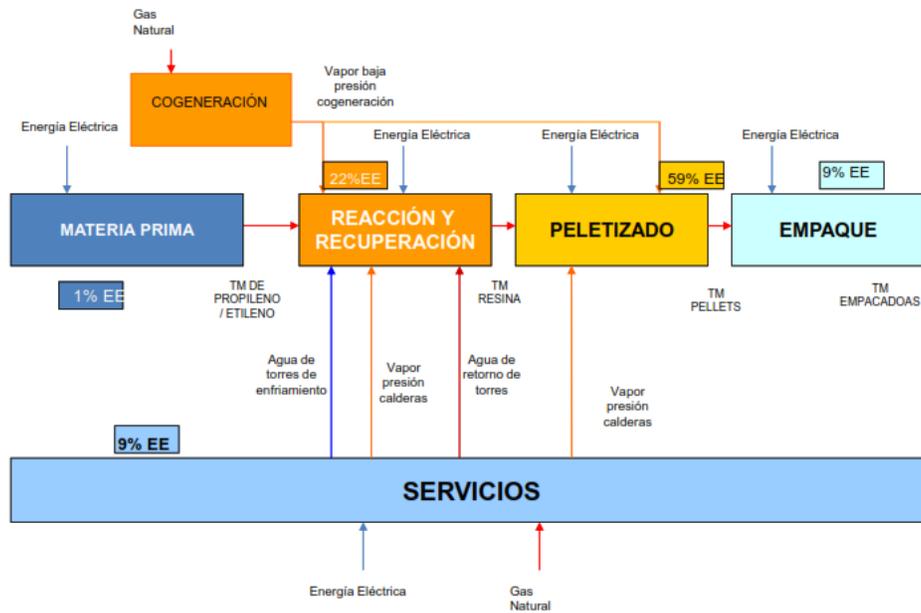


Ilustración 38 Diagrama energético- Productivo

Se identificaron los equipos o procesos que constituyen los usos significativos de energía, USE (aquellos de mayor demanda energética y con mayores potenciales de reducción de la demanda). En estos USE se establecieron las variables operativas y de mantenimiento de proceso que afectan la eficiencia energética, utilizando como herramienta los gráficos de tendencia del consumo energético y el diagnóstico de procesos y equipos, para identificar qué variables hacen mover la tendencia del consumo hacia el incremento o el decremento. Junto con la identificación de las variables relevantes para el control de la demanda energética en cada USE, también fue resultado del diagnóstico a estos equipos y procesos las oportunidades de mejora de su eficiencia por la vía de cambios tecnológicos. Un aspecto importante de la etapa de revisión energética lo constituyó el análisis de la medición, registro y almacenamiento de la información requerida para poder establecer el sistema de gestión de la energía a nivel de todo el proceso y de cada uno de los USE.

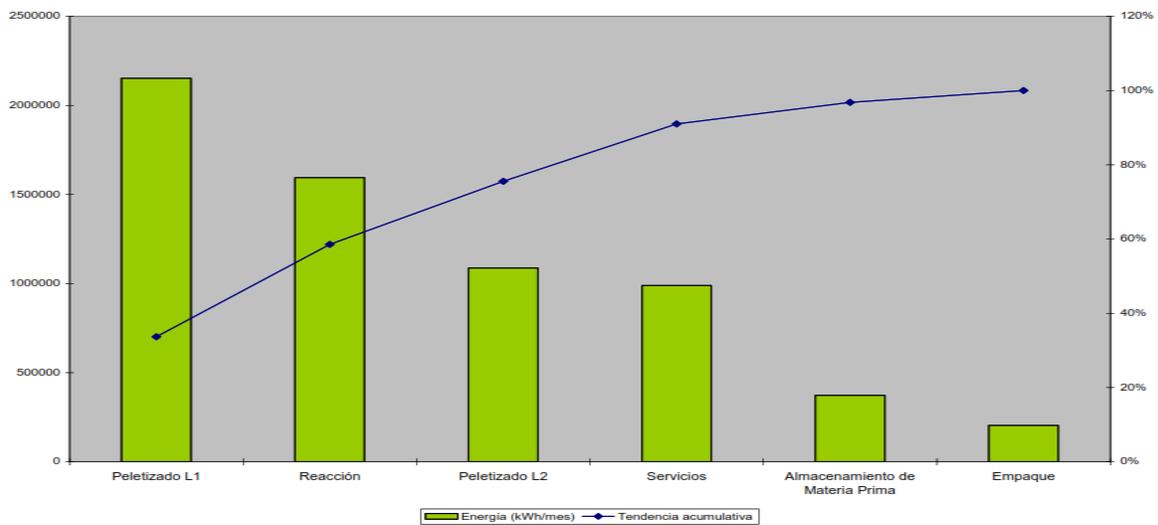


Ilustración 39 Diagrama de Pareto de consumidores de EE

Se realizó un análisis del esquema de medición requerida para cada energético por áreas productivas

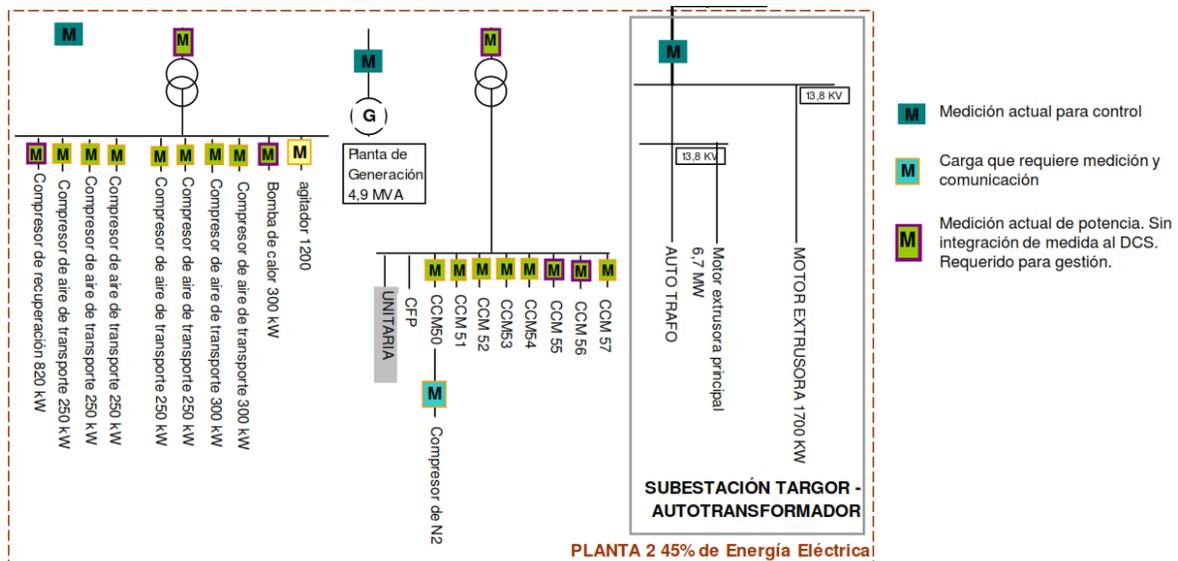
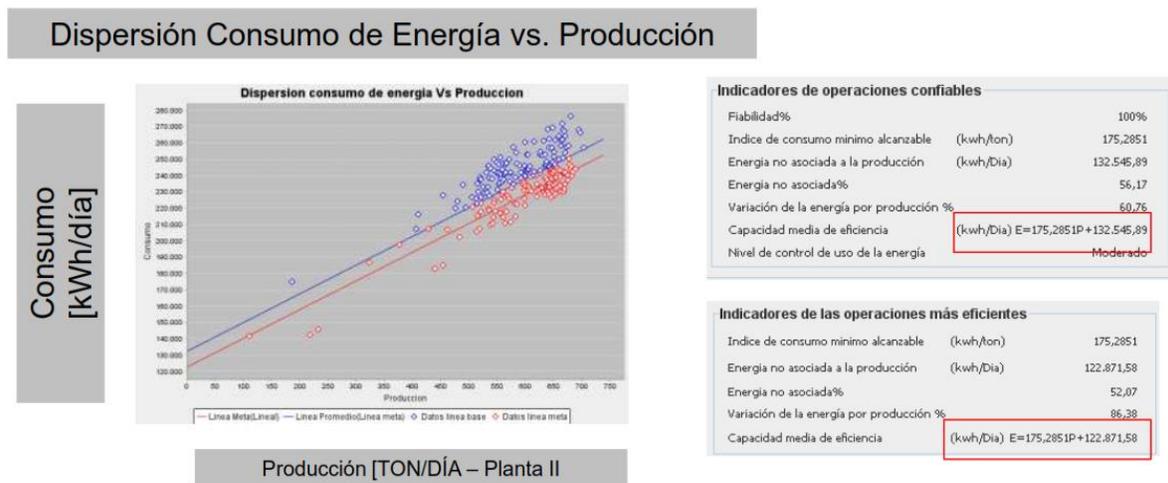


Ilustración 40 Esquema de Medición

De igual forma se establecieron las líneas de base energética por planta y por USE utilizando herramientas estadísticas y software y se plantearon los indicadores energéticos requeridos:



IDE día	-45
IDE mensual	5.877 kWh
IB100 día	99,58%
IB100 mensual	104,14%
GEI día	-16 kgCO ₂ eq
GEI mensual	2.157 kgCO ₂ eq

Ilustración 41 LB de una de las plantas de la organización e Indicadores propuestos

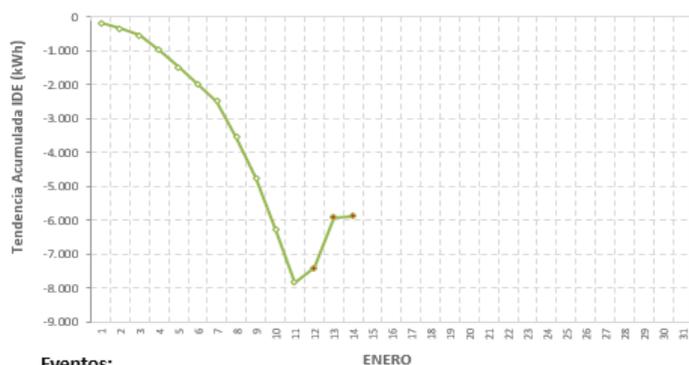
Posteriormente se validó técnica y económicamente los potenciales identificados por medidas de cambios tecnológicos y se realizaron pruebas en campo para la validación técnica y económica de potenciales identificados para finalmente definir la ejecución de las medidas y actividades encaminadas a la mejora del desempeño energético.

Se acordó que anualmente se deben establecer objetivos, metas y planes de acción de acuerdo al siguiente formato y cuyo seguimiento se realiza quincenalmente en las reuniones de comité energético:

Objetivo	- Disminuir los consumos en energía eléctrica, mediante la implementación de estrategias de ahorro en las diferentes áreas de procesos. - Minimizar el Impacto ambiental generado por las diferentes áreas de procesos consumidores de energía eléctrica.						
Meta:	- Reducir los consumos en energía eléctrica en 2,3 GWh/año equivalentes a MMS 675. - Reducción del impacto ambiental ocasionado por los gases de efecto invernadero en 890.000 kg CO ₂ /kWh.						
Descripción	Actividades	Responsables	Fecha	Recursos	Método de verificación	Método de evaluación del desempeño	Presupuesto estimado
Plan de Acción	Implementar medidas de ahorros por reducción de la variabilidad operacional y del mantenimiento.	Alfredo Navarro	2018	Ing. Gestor	Seguimiento del IDE	IDE	
	Identificar y mitigar las variables de control que impactan en el desempeño energético.	Alfredo Navarro	2018	Ing. Gestor	Seguimiento del IDE	IDE	
	Realizar el monitoreo y control de los indicadores de desempeño energético.	Alfredo Navarro	2018	Ing. Gestor	Seguimiento del IDE	IDE	
	Jornadas de capacitación en herramientas gerenciales y técnicas para la implementación, operación y mantenimiento del sistema de gestión energética según la norma iso 50001	Alfredo Navarro	2018	Ing. Gestor	Presentación Capacitación y lista de asistencia		
	Implementación Proyecto de sustitución de compresores RKR	Alfredo Navarro	Agosto 2018	Ing. Gestor	Acta de Aprobación	IDE	
	Análisis cambio de relleno de las torres de enfriamiento de P1 por una de mayor eficiencia energética.	Alfredo Navarro	Noviembre 2018	Ing Gestos/Ing. Procesos	Presentación y Acta		

Desde el 2008 a la fecha se han realizado periódicamente distintas actividades de capacitación y toma de conciencia con el personal involucrado abarcando indicadores de desempeño energético, gestión energética, interpretación de las herramientas de gestión, eficiencia energética en bombas, eficiencia energética en compresores, entre otras, de igual forma se han realizado sensibilizaciones y uso de diferentes medios de comunicación para la difusión de resultados obtenidos. Por ejemplo: boletines energéticos, reportes de eficiencia energética, informes de sostenibilidad, correos electrónicos, gestión a la vista, etc.

TENDENCIA ACUMULADA DEL INDICADOR DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO



↑ INEFICIENTE
↓ EFICIENTE

IDE día	-45
IDE mensual	5.877 kWh
IB100 día	99,58%
IB100 mensual	104,14%
GEI día	-16 kgCO ₂ eq
GEI mensual	2.157 kgCO ₂ eq

Eventos:

Días 7 -11 → Ahorro energético representativo debido a bajo consumo de energía del compresor K-0253 debido al bajo inventario de Etileno en A20.

Días 12 – 13 → Cargue de Etileno a Tanques de Almacenamiento. Set point de presión de succión compresor K-0253 ajustado en 0,1 kgf/cm² por encima del recomendado (0,07 kgf/cm²).

Días 14 → Más de 90% de Recirculación de Etileno genera más gases en la succión del compresor K-0253.

Ilustración 42 Ejemplo reportes energéticos



Ahorro de Energía en Compresores de Aire

Algunos pasos que se pueden considerar para ahorrar energía son:

- Regulación adecuada de la presión de trabajo y el intervalo $P_{Max} - P_{Min}$.
- Selección adecuada del régimen de trabajo: modulado o carga-vacio.
- Diagnóstico del compresor por análisis de aceite.
- Diagnóstico de partes móviles por termografía.
- Diagnóstico a las caídas de presión en el sistema. Identificar y relevar los cuellos de botella de la tubería del sistema.
- Diagnóstico periódico de régimen de compresor.
- Mantenimiento adecuado de filtros, reguladores y el sistema. La carga de motor aumenta 5% por cada 5 pulgadas de caída de presión de succión.
- Bajar la presión de su sistema a la mínima posible.
- Uso de sistemas de distribución en anillos o semicerrados.
- Adecuado dimensionamiento de la tubería para minimizar las caídas de presión.
- Es indispensable que las trampas o drenajes sean adecuados porque pueden ser una fuente de pérdida continua de aire.
- Por cada 20°F de aumento en la temperatura del aire, se duplica su capacidad de retener vapor de agua y su necesidad de secado.
- Cada 4°C de aumento de temperatura en aire aspirado, aumenta el consumo de energía 1% para igual caudal.
- Un incremento de 5°C de la temperatura de descarga del compresor es reflejo de un sobre consumo de energía eléctrica en un 3,5%.
- Realizar inspecciones de fugas periódicamente usando tecnología ultrasónica.

Ilustración 43 Una de las páginas de Gaceta energética

Entre las acciones para abordar el control operacional se aplicaron: la validación técnica de las variables relevantes a controlar, el establecimiento de rangos de operación óptimos de esas variables, actualización de los procedimientos de análisis operativos periódicos y socialización de los mismos, seguimiento diario de indicadores del desempeño energético

para los USE y del cumplimiento del rango operacional y criterios operacionales de las variables relevantes establecidas, análisis de causas de las desviaciones de los rangos operacionales establecidos de estas variables, emisión de reportes y gestión para la implementación de acciones que corrijan las desviaciones presentadas.

Identificación e instrumentación del control operacional de las variables de eficiencia energética			
Servicios planta 1.			
Proceso	Variable de control	Rango de control	Revisar
Enfriamiento y suministro de agua	Temperatura suministro	<32°C	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia de la torre de enfriamiento. • Rata de producción del reactor. • Temperatura de operación del reactor. • Demanda de Potencia Vent. de torre
Enfriamiento y suministro de agua	Caudal	3300-4000 M ³ /h	<ul style="list-style-type: none"> • % de apertura de las válvulas E-4303 , E-4302 y E-7008. • Alineación con cada una de las áreas de planta 1. • Eficiencia de las bombas de agua de torre
Enfriamiento y suministro de agua	Presión	5-7 Barg	<ul style="list-style-type: none"> • % de apertura de las válvulas E-4303 , E-4302 y E-7008. • Numero de bombas encendidas. • Desempeño de las bombas.
Enfriamiento y suministro de agua	Demanda de Potencia	950 kW	<ul style="list-style-type: none"> • Numero de ventiladores encendidos. • Numero de bombas encendidas. • Cantidad de Bombas On Unidad de precalentamiento.
Unidad de precalentamiento de Propileno	Demanda de Potencia	20-35kW	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de retorno de agua de torre. • Temperatura de salida del Propileno. • Cantidad de Bombas On Unidad de precalentamiento. • Flujo de Propileno a Purificación

Ilustración 44 Variables de control por proceso

Nota: variable de control = variable relevante.

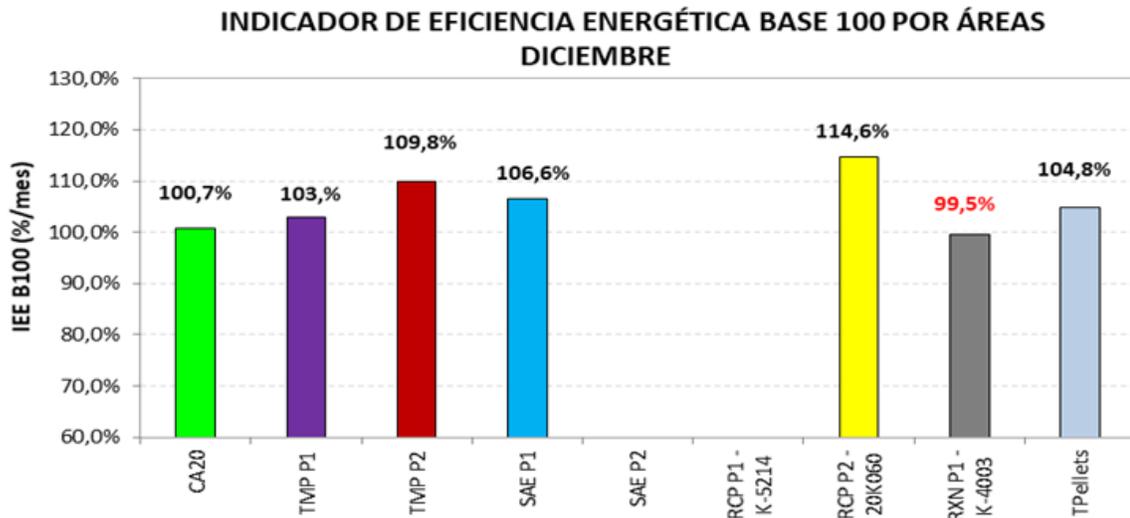
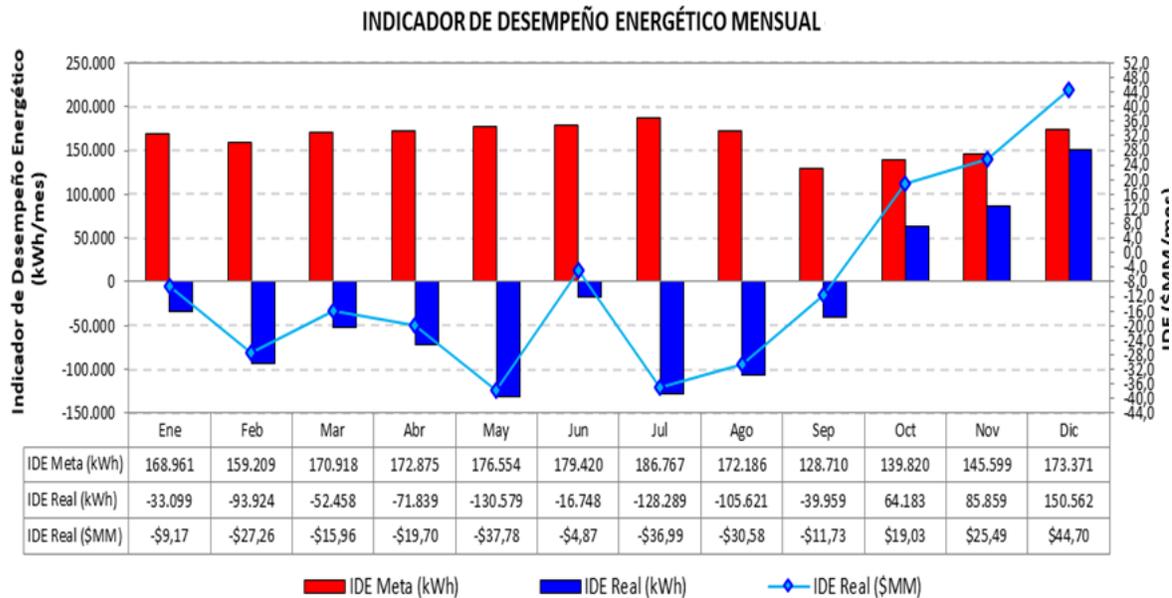


Ilustración 45 Verificación diaria y mensual por USE

Nota: El indicador base 100 refleja el comportamiento de los resultados del desempeño energético respecto a la línea de base energética tomando como cumplimiento el valor

100. Un valor superior a 100 indica un consumo de energía inferior al de la línea base. La diferencia con el valor 100, si es por encima, indica el % de ahorro obtenido con respecto a la línea base y si es por debajo de 100, indica el % de incumplimiento de la meta respecto a la línea base.



Toda la documentación del sistema de Gestión se lleva en medio electrónico, a excepción de las actas de seguimiento que se mantienen en copia en físico con las firmas de los participantes.

Principales Resultados de implementación del SGE:

- Personal capacitado en la gestión energética y mayor conciencia de los impactos ambientales que ocasionamos a diario.
- Ahorros Acumulados equivalentes a 22.350.000 kWh, 1.800.000 USD, es decir 4 mil millones de pesos, 7 MM de kg DE CO₂
- Premio de eficiencia de energética para la ESCO que acompañó la implementación del SGE.
- Reconocimientos de la gerencia general
- Reconocimiento por contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, Pacto Global Colombia.
- Sello de sostenibilidad a la empresa.
- Cambio cultural en la organización

Medidas implementadas:

- ✓ Instalación de VFD en sistemas de agua de enfriamiento con el fin de variar la velocidad en función de la temperatura requerida en el proceso
- ✓ Optimización del uso del sistema de bombeo de agua de enfriamiento (es decir número de bombas a utilizar)
- ✓ Disminución de presión de operación del sistema de aire comprimido
- ✓ Identificación de las bombas más eficientes y de la cantidad a operar según el flujo requerido
- ✓ Cambio de rellenos de torre de enfriamiento por aquellos de mayor eficiencia.
- ✓ Uso de los compresores más eficientes
- ✓ Habilitar y realizar Ajuste de control de compresores
- ✓ Implementación de apagado automático de compresores de transporte de producto
- ✓ Control de compresores de acuerdo a la demanda
- ✓ Reducción de presión de succión en compresores (ajuste al rango óptimo)
- ✓ Incrementar presión de descarga de las bombas de materia prima
- ✓ Apagado de equipos innecesarios en sistemas de bombeo y transporte
- ✓ Reducción de flujo de venteo de aire de IOS compresores de transporte de producto
- ✓ Disminución del tiempo de homogenización de producto
- ✓ Entre otras

ANEXO 1. INCENTIVOS TRIBUTARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA

En la legislación colombiana, existen incentivos tributarios enfocados en promover la eficiencia energética. Desde el punto de vista de los sistemas de gestión de la energía, los incentivos representan oportunidades para facilitar el desarrollo de planes de acción y algunas actividades encaminadas a la implementación del sistema. Aun cuando no representan los aspectos principales de un SGE, es importante que los usuarios los conozcan para aprovechar las diferentes oportunidades que se ponen a disposición desde la legislación y normatividad colombiana.

En este capítulo se presenta el ámbito general de los incentivos tributarios para eficiencia y gestión de la energía existentes en el contexto colombiano. Dada la naturaleza dinámica del marco normativo, se sugiere al usuario que desee aplicar a estos mecanismos consultar los procedimientos vigentes a través de la página web de la Unidad de Planeación Minero Energética UPME y las guías para la aplicación de incentivos establecidas por esta entidad.

El marco legal para el desarrollo de acciones desde el gobierno para la promoción de la eficiencia energética se basa en la ley 697 de 2001 (Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía y se promueve la utilización de energías alternativas) y la ley 1715 de 2015 (Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional y se promueve la gestión eficiente de la energía).

Bajo la primera de estas leyes, se estableció la creación del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROURE) y sus respectivos planes de acción indicativos, para los periodos 2010 – 2015 (resolución MME 180919 de 2010) y 2017-2022 (resolución MME 41286 de 2016). Ambos planes contemplan el establecimiento de incentivos tributarios para el fomento a la eficiencia energética.

La aplicación práctica de estos incentivos se alineó con las metas ambientales del país. En este sentido, se extendió al ámbito de la eficiencia energética la aplicación de algunos beneficios tributarios aplicables a aspectos ambientales y contenidos en el estatuto tributario. Por esta razón, algunos incentivos tributarios requieren evaluación tanto de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) como de la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). En la actualidad estos organismos están trabajando para simplificar los trámites lo que ha permitido que algunos incentivos requieran únicamente evaluación de la UPME.

Con base en el marco legal y normativo se han establecido tres tipos de incentivos tributarios para proyectos de eficiencia energética y gestión eficiente de la energía:

- 1) Exclusión de IVA
- 2) Descuento de Renta o;
- 3) Deducción de Renta

Los incentivos 2 y 3 son mutuamente excluyentes, con lo que las empresas u organizaciones interesadas deberán seleccionar solo uno de los dos al momento de aplicación. En la actualidad los incentivos son aplicables al sector manufacturero (empresas clasificadas dentro de los códigos CIUIU 10-31), no obstante, se están adelantando gestiones para ampliar su ámbito de aplicación a otros sectores intensivos en el consumo de energía.

Desde la perspectiva de la UPME, el marco para la aplicación de los tres incentivos se especifica en la resolución 463 de 2018. Para el procedimiento de deducción de renta líquida, actualmente se requiere únicamente evaluación de la UPME (según se estableció en el plan nacional de desarrollo, ley 1955 de 2019). En el caso de exclusión de IVA el procedimiento que debe realizarse ante el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) se describe en la resolución 2000 de 2017 del MADS y para el descuento de impuesto a la renta se describe en la resolución 509 de 2018 del MADS. De igual manera en la resolución 1283 de 2016 del MADS se describe el procedimiento para obtener la certificación de Beneficio Ambiental requerida para aplicar los incentivos mencionados.

Los proyectos de eficiencia energética susceptibles del beneficio tributario se basan en los planes de acción del PROURE 2017 -2022 y se describen en la resolución 463-2018 de la UPME. En la Tabla 23 se resume la información de actividades o equipos susceptibles del incentivo según la resolución nombrada. Las empresas que deseen aplicar a los incentivos deben consultar los detalles contenidos en la normatividad antes de realizar el trámite correspondiente.

Tabla 23. Acciones de eficiencia y gestión de la energía contempladas dentro del alcance de los incentivos tributarios (res 463- 2018 UPME)

Medida del PROURE	Alcance
Eficiencia Energética en energía eléctrica (fuerza motriz, aire acondicionado, refrigeración, iluminación, calor directo, calor indirecto)	<ul style="list-style-type: none"> • Adquisición de equipos para sistemas de fuerza motriz IE4, IE3 e IE2 según designaciones del RETIQ. • Bombas Centrífugas • Variadores de Velocidad o frecuencia • Aislamientos Térmicos • Aire Acondicionado • Refrigeración (unidades semicompactas, compactas, racks y chillers) • Iluminación • Calor Directo e Indirecto
Medidas de Eficiencia energética en combustibles sólidos para calor directo e indirecto	<p>Se incluyen equipos y elementos para acciones en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aislamiento térmico, • Mejoras en combustión por instalación de quemadores eficientes en hornos y calderas • Sistemas de Pre calentamiento de Aire y combustión con enriquecimiento de oxígeno • Recuperación de calor residual • Cogeneración
Diseño e implementación de sistemas de Gestión de la Energía	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos y equipos de medición que forman parte de un sistema de gestión de la energía. • Servicio de certificación en ISO 50001 o NTC/ISO 50001.

Fuente: Adaptado de resolución 463 de 2018 de la UPME. Para descripción detallada consultar la Tabla 1 de la resolución.

Como se observa, los incentivos cubren diferentes estadios del SGE. Las empresas que estén iniciando su proceso de implementación pueden aplicar a incentivos para la obtención de elementos de medición o para el servicio de certificación. De otra parte, los incentivos aplicables a eficiencia energética podrían facilitar la ejecución de planes de acción para la mejora del desempeño energético.

ANEXO 2. Familia de normas ISO 50000

La norma ISO 50001 especifica los requisitos para la de implementación de un Sistema de Gestión de la Energía, es decir, qué debe cumplir una organización para tener un SGE que asegure la mejora continua del desempeño energético.

Como apoyo en el cumplimiento de estos requisitos, la organización ISO ha expedido documentos complementarios que buscan dar guía sobre cómo cumplir dichos requisitos. Los documentos son desarrollados y aprobados por el comité ISO TC 301, que abarca las temáticas de ahorro de la energía y gestión de la energía. En la actualidad el comité cuenta con un total de 17 documentos publicados y 6 en desarrollo. Dado que la mayoría de documentos se trabajan bajo la serie 50000, generalmente se nombran como la familia de normas ISO 50000.

En la Ilustración 46 se muestra un esquema de los documentos que actualmente componen la familia de normas ISO 50000, indicando en amarillo cuáles de ellas han sido adoptados como normas o guías técnicas colombianas (NTC o GTC). En el esquema se indica a qué fase del ciclo PHVA aporta principalmente cada norma.

Dentro de las normas publicadas, hay algunas que no se centran en la implementación de un Sistema de Gestión, sino que se enfocan en aspectos específicos para algunos actores de interés. En el esquema estas normas se muestran en el cuadro rojo de la parte inferior. Finalmente se nombran dos normas de terminología que buscan alinear . La aplicación de los documentos terminológicos hacia el ámbito de los SGE actualmente está siendo discutido por el TC 301.

A continuación, se reseñan las principales normas de la familia ISO 50000. Se enfatiza en aquellas que han sido adoptadas como Normas o Guías Técnicas Colombianas.

ISO 50002: Auditorías Energéticas. Requisitos con orientación para su uso.

Las auditorías energéticas se configuran como una de las herramientas disponibles para llevar a cabo las revisiones energéticas descritas en la norma ISO 50001. La norma ISO 50002 define las características para la realización de una adecuada auditoría energética, estableciendo tanto

los requisitos como las obligaciones de una auditoría y proporcionando ejemplos para diversos sectores tal como la industria, edificaciones o transporte.

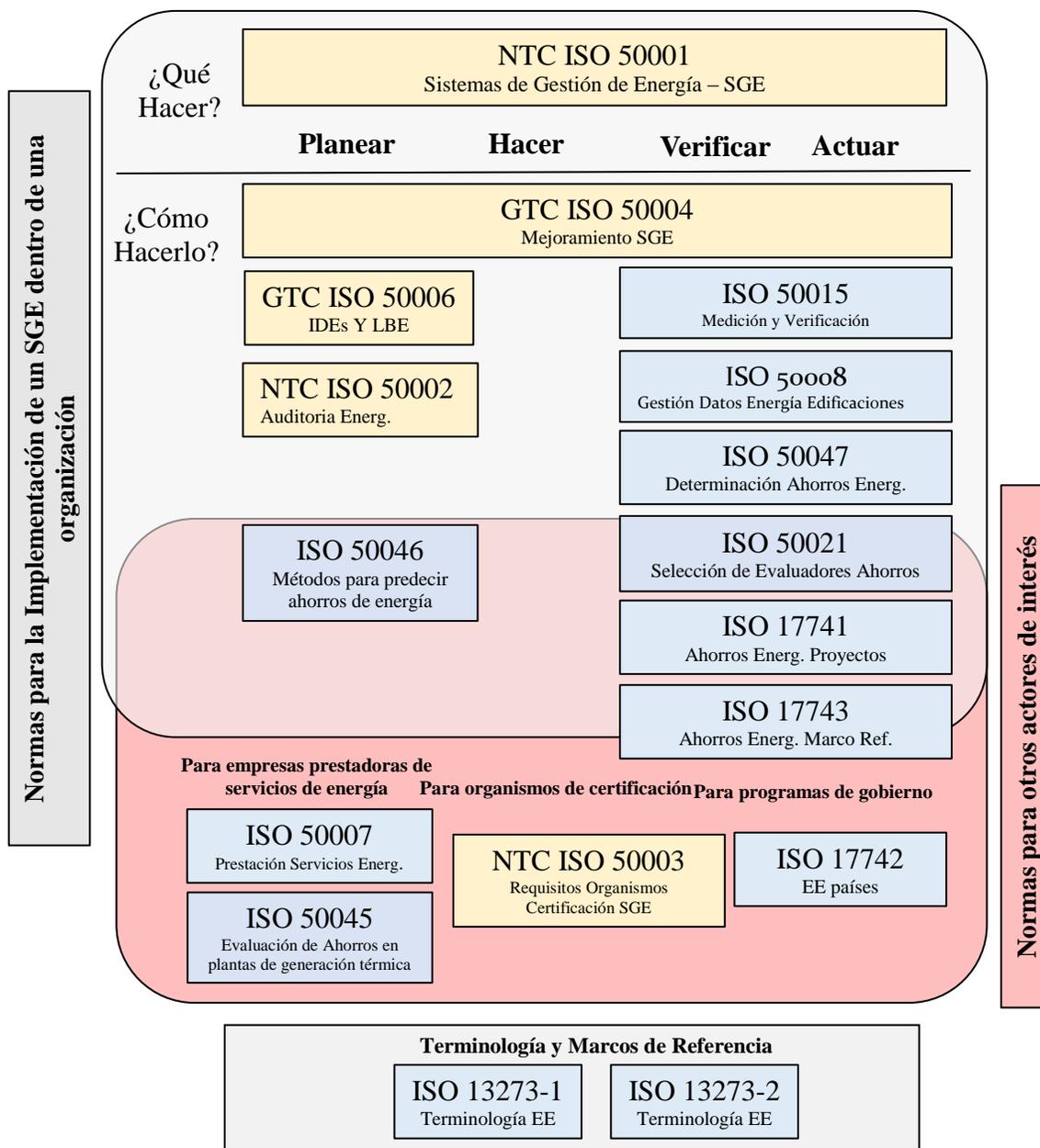


Ilustración 46. Esquema de normas del Comité ISO TC 301, Ahorros energéticos y gestión de la energía. Elaboración propia.

ISO 50003: Sistemas de Gestión de la Energía: requerimientos para las organizaciones que proporcionan auditorías de certificación de gestión de energía y competencia de auditor

La auditoría a Sistemas de Gestión se enmarca dentro de la Norma Internacional ISO 17021, proporcionando los requerimientos para los organismos de certificación que prestan servicios de auditoría y certificación para todo tipo de Sistemas de Gestión. La norma ISO 50003 busca complementar los requisitos existentes en la ISO 17021 enfocando su alcance a los Sistemas de Gestión de la Energía y proporcionando nuevos requisitos especialmente en los temas de competencia y evaluación de las personas que participan en el proceso de auditoría.

ISO 50004: Sistemas de Gestión de la Energía: Guía para la implementación, mantenimiento y mejoramiento de un Sistema de Gestión de la Energía.

La norma Internacional ISO 50001 especifica los requisitos de un Sistema de Gestión de la Energía con los cuales las organizaciones pueden llegar a su implementación de una manera exitosa. La Guía para implementación ISO 50004 pretende la definición de estos requerimientos y le indica al usuario qué hacer para satisfacerlos. Al igual que otros estándares internacionales, se define el qué, mas no el cómo hacerlo. El objetivo general es ayudar a establecer las metodologías y los enfoques necesarios para la adecuada implementación de un SGE en una organización, proporcionando una guía práctica y ejemplos para el establecimiento, implementación, mantenimiento y mejoramiento de un SGE de acuerdo a ISO 50001.

ISO/DIS 50006: Líneas de base energéticas e indicadores de desempeño - Principios generales y directrices

Una de las temáticas de más amplia discusión y que genera la mayor cantidad de interrogantes dentro de los requisitos de la ISO 50001 son la cuantificación y la medición de los cambios en el desempeño energético, las cuales se traducen en el establecimiento y seguimiento de la Línea de Base Energética y los Indicadores de Desempeño Energético (IDE).

Es por esto que se estudia el documento ISO 50006 que pretende brindar a las organizaciones una guía para el cumplimiento de los requisitos relacionados con el establecimiento, uso y mantenimiento de la línea de base energética y los IDE, por medio de la presentación de las variables importantes para la medición del desempeño energético y las herramientas prácticas para su evaluación.

ISO/DIS 50015: Medición y verificación del desempeño energético de una organización - Principios generales y directrices

Para la correcta medición del desempeño energético de la organización y la verificación de la misma, esta norma busca el establecimiento de un conjunto de principios y directrices a ser utilizadas para realizar la medición y verificación de manera correcta. Si bien no se establecen metodologías específicas, se busca tener un entendimiento común de la Medición y Verificación para que pueda ser aplicada a métodos de cálculo de la propia organización o metodologías aceptadas internacionalmente.

BIBLIOGRAFÍA

A continuación, se presentan documentos referenciados dentro del texto y otro material que puede complementar los aspectos tratados en la presente guía.

- *Actas Comité Técnico de Normalización 228: Gestión Energética*, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC Internacional. Bogotá, Colombia. 2012-2013.
- Borroto A. Recomendaciones metodológicas para la implementación de sistemas de gestión de la energía según la norma ISO 50001. Programa CYTED, Universidad de Cienfuegos. Cuba, 2013.
- Campos C., Lora E., Prias O., Rodríguez C., & Quispe E. *Manual de Gestión Energética para la Industria del Petróleo y Gas*. Barranquilla, Atlántico, Colombia: Calidad Grafica S.A. 2011.
- Campos J. *Tecnologías para el manejo de la información energética*, 2010.
- R. Castrillon, A. González, “Metodología para la planificación energética a partir de la norma ISO 50001”. Cali, Colombia: Editorial Universidad Autónoma de Occidente, ISBN: 978-958-8994-59-8, 2018. Campos J. *Herramientas para implementar un SGE normalizado según ISO 50.001*. 2012.
- Castrillón R, González A, Quispe E. *Mejoramiento de la eficiencia energética en la industria del cemento por proceso húmedo a través de la implementación del sistema de gestión integral de la energía*. Revista Dyna N°177, Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín, 2013.
- González A, Castrillón R, Quispe E. *Energy efficiency improvement in the cement industry through energy management*. IEEE, Cement Industry Technical paper. 2012
- *Informes de caracterización e implementación de un Sistema de Gestión Integral de la Energía en empresas beneficiarias del PEN-SGIE*. Colombia 2012-2013.
- *Informes y entregables de las empresas beneficiarias del Programa Eficiencia Energética en la Industria Colombiana EEI Colombia*. 2014 – 2018.
- ICONTEC internacional. NTC ISO 19011. *Directrices para la auditoría de Sistemas de Gestión*. 2018.
- ICONTEC internacional. NTC 6269 *Sistemas de gestión de la energía*. Norma de competencia laboral. *Experto en Implmentación de Sistemas de Gestión de la Energía*. 2018.
- ICONTEC internacional. NTC-ISO 50003. *Sistemas de Gestión de la Energía, requisitos para organismos que realizan auditoría y certificación de sistemas de gestión de la energía*. 2016.
- ICONTEC internacional. ISO 50001 *Sistemas de Gestión de la Energía - Requisitos con orientación para su uso*. 2019.

- ICONTEC internacional. NTC-ISO 14001 Sistemas de gestión ambiental - Requisitos con orientación para su uso. 2015.
- ICONTEC internacional. NTC-ISO 9000 Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario. 2015
- ICONTEC internacional. NTC-ISO 9001: 2008, Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos. 2015.
- Dulcey M.A, Implementación de un Sistema de Gestión Integral de la Energía en una Empresa Productora de Cables Eléctricos y de Telecomunicaciones. Tesis de grado Ingeniería en Energía. Universidad Autónoma de Bucaramanga. 2017.
- Memorias Diplomados en Gestión Energética Avanzada, Programa Estratégico Nacional, Sistemas de Gestión Integral de la Energía, PEN-SGIE. Colombia 2011-2013.
- Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero Energética. Plan de Acción Indicativo de Eficiencia Energética 2017-2022, Una realidad y una oportunidad para Colombia. Diciembre de 2016. Disponible en: http://www1.upme.gov.co/Documents/PAI_PROURE_2017_2022.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industria, ONUDI. Guía Práctica para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía. Viena, 2015.
- Prías O, Torres H, Escobar O, Rodríguez A. Programa Estratégico Nacional-SGIE una Oportunidad para la consolidación de la Gestión Energética en la Educación Superior con Impacto en la Industria Colombiana. Memorias CUJAE-16 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura en el Marco del II Congreso Cubano de Ingeniería Eléctrica. Noviembre 2012.
- Quispe E, Prías O Castrillón R. Urhan M, Campos C Lora E. The Colombian Strategic Program for Energy Management: Structure, Strategies, Advances, its relation with ISO 50001. Colombia, 2013.
- Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética RECIEE. Boletines. Disponibles en: www.reciee.com.
- Sistema de Gestión Integral de la Energía Guía para la Implementación. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá, Colombia, 2008.
- *Manual de Mantenimiento Centrado en la Eficiencia Energética para sistemas industriales*. Grupo de Gestión Eficiente de Energía, KAI. Editorial Universidad del Atlántico. 2009.
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Invierta y Gane con Energía: Guía práctica para la aplicación de incentivos tributarios de la ley 1715 de 2014. Disponible en: http://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla_IGE_Incentivos_Tributarios_Ley1715.pdf
- UPME, ONUDI. Manual de Optimización de Sistemas de Vapor Industrial. Programa Eficiencia Energética Industrial en Colombia, EEI Colombia. Abril 2018. <https://eeindustrial.co/material-de-consulta/publicaciones/21>
- UPME, ONUDI. Manual de Optimización de Sistemas de Bombeo. Programa Eficiencia Energética Industrial en Colombia, EEI Colombia. Octubre de 2018. Disponible en: <https://eeindustrial.co/material-de-consulta/publicaciones/21>

- UPME, ONUDI. Manual de Optimización de Sistemas de Motores Eléctricos Industriales. Septiembre de 2018. <https://eeindustrial.co/material-de-consulta/publicaciones/21>
- US Environmental Protection Agency. ENERGY STAR Treasure Hunt Guide: Simple Steps to Finding Energy Savings. Última revisión, septiembre 2016.