

**ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA ISO 50001 EN
LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LAS ORGANIZACIONES**

CHRISTIAN ANDRES MONSALVE SANABRIA

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE LA CALIDAD
BOGOTÁ D.C.
2021**

**ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA ISO 50001 EN
LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LAS ORGANIZACIONES**

CHRISTIAN ANDRES MONSALVE SANABRIA

**Monografía para optar al título de Especialista en
Gerencia de la Calidad**

ORIENTADOR

**Sergio Javier Martínez Ramírez
Ing. Industrial Msc. Sistemas de Gestión**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE LA CALIDAD
BOGOTÁ D.C.**

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Director de la Especialización

Firma del Calificador

Bogotá D.C. febrero de 2021.

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. María Claudia Aponte González

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretaria General

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Decano Facultad de Ingeniería

Dr. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director del Departamento Ingeniería Industrial

Dr. Julio Aníbal Moreno Galindo

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

A mi Mamá, que es lo más importante que tengo en la vida, quien me ha dado todo y enseñado los valores y principios que me han hecho ser lo que soy ahora.

A mis amigos y seres queridos, quienes siempre han estado a mi lado, acompañándome y apoyándome en mis proyectos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi Mamá por acompañarme en este gran logro de finalizar mi especialización en gerencia de la calidad.

A mis amigos y compañeros de especialización, de quienes aprendí muchas cosas y con quienes viví muchas experiencias.

A mis profesores de la especialización, quienes me transmitieron infinidad de conocimientos y enseñanzas para la vida.

A la Universidad de América, por todo el conocimiento brindado tanto como Ingeniero de Petróleos y Especialista en Gerencia de la Calidad.

TABLA DE CONTENIDO

	pág
RESUMEN.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1. Pregunta Problema.....	17
1.2. Objetivo General.....	17
1.3. Objetivos Específicos.....	17
2. METODOLOGÍA.....	18
2.1. Tipo, Enfoque y Alcance de Investigación.....	18
2.2. Fuentes de Información.....	18
2.3. Actividades Detalladas.....	18
3. MARCO REFERENCIAL.....	20
4. PANORAMA SOBRE LA NORMA ISO 50001 Y LOS ENMS.....	23
4.1. Estado del Conocimiento.....	23
4.2. Eficiencia Energética.....	33
4.3. EnMS, Sistema de Gestión de la Energía.....	35
4.4. Norma ISO 50001.....	39
4.4.1 Estructura.....	42
4.4.2 Características.....	46
4.4.3 Requisitos.....	51
4.4.4 Implementación.....	57
4.4.5 Importancia.....	59
5. INDICADORES PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	64
5.1. Indicadores de desempeño energético - IDEns.....	65
5.2. Línea Base de la Energía.....	68
5.3. Efecto de los IDEns.....	71
6. CASOS DE ESTUDIO.....	74
6.1. Descripción de Casos de Estudio.....	74
6.1.1 Letonia.....	74

6.1.2 Colombia	77
6.1.3 Omán	78
6.1.4 Cuba	81
6.1.5 Italia	81
6.1.6 España	84
6.1.7 Kuwait	85
6.1.8 Malasia	86
6.1.9 Indonesia	87
6.1.10 Brasil	89
6.1.11 Sudáfrica	90
6.1.12 Turquía	91
6.1.13 Ucrania	91
6.1.14 Alemania	92
6.1.15 Estados Unidos	93
6.1.16 Otros	93
6.2. Análisis de Casos de Estudio	96
6.3. Análisis del Impacto de la ISO 50001 en la Competitividad y Productividad de las Organizaciones	111
CONCLUSIONES	114
RECOMENDACIONES	116
BIBLIOGRAFÍA	117

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1 <i>Distribución por año de la información para "Energy Efficiency"</i>	24
Figura 2 <i>Distribución por territorio de la información para "Energy Efficiency"</i>	25
Figura 3 <i>Distribución por área temática de la información para "Energy Efficiency"</i>	26
Figura 4 <i>Distribución por tipo de la información para "Energy Efficiency"</i>	27
Figura 5 <i>Distribución por año de la información para "Energy Management System"</i> .	28
Figura 6 <i>Distribución por territorio de la información para "Energy Management System"</i>	29
Figura 7 <i>Distribución por año de la información para "ISO 50001"</i>	30
Figura 8 <i>Distribución por territorio de la información para "ISO 50001"</i>	31
Figura 9 <i>Distribución por año de la información para "Energy Performance Indicator"</i> 32	
Figura 10 <i>Distribución por territorio de la información para "Energy Performance Indicator"</i>	33
Figura 11 <i>Modelo seguido por la Norma ISO 50001</i>	46
Figura 12 <i>Cuadro del ciclo PHVA dentro de la norma ISO 50001</i>	49
Figura 13 <i>Cuadro comparativo entre ISO 50001, ISO 90001 y ISO 140001</i>	50
Figura 14 <i>Representación del numeral 6.3 de la ISO 50001: 2018</i>	52
Figura 15 <i>Beneficios de la Norma ISO 50001</i>	62
Figura 16 <i>Factores importantes en un sistema de gestión de la energía</i>	64
Figura 17 <i>Expresión típica para formulación de EnPI</i>	66
Figura 18 <i>Ejemplos de Indicadores de Desempeño Energético</i>	67
Figura 19 <i>Diagrama de EnPI y EnB</i>	69
Figura 20 <i>Concepto de Energy Baseline</i>	71
Figura 21 <i>Expresiones básicas para el cálculo del ahorro energético</i>	72
Figura 22 <i>Distribución del Consumo Energético en Daugavpils</i>	75
Figura 23 <i>Consumo energético de la ciudad en el tiempo.</i>	76
Figura 24 <i>Porcentaje de Ahorros para la empresa Areej en el año 2018</i>	80
Figura 25 <i>Documentos y Actividades para el sistema según la Norma ISO 50001</i>	82
Figura 26 <i>Inversiones realizadas para ALER</i>	83

Figura 27 Ahorros obtenidos por la empresa ALER	84
Figura 28 Sumatoria acumulada de los ahorros de PT Semen Tonasa en energía y Capital	88
Figura 29 Comportamiento de Costos en función del tiempo y etapas de inversión para un EnMS.....	97
Figura 30 Distribución de casos de estudio para el análisis de Fuchs et al.	98
Figura 31 Impulsores de la Norma ISO 50001	99
Figura 32 Factores clave de éxito de la Norma ISO 50001	100
Figura 33 Beneficios de la Norma ISO 50001	101
Figura 34 Barreras de la Norma ISO 50001	102
Figura 35 Matriz de países que promueven la implementación de la Norma ISO 50001	103
Figura 36 Proyección de ahorro de energía y disminución de emisiones de CO2	104
Figura 37 Matriz de frecuencia de impactos en los casos de estudio	108
Figura 38 Frecuencia de evidencia de impactos en los casos de estudio.....	109
Figura 39 Porcentaje de evidencia de impactos en los casos de estudio	110
Figura 40 Matriz de frecuencia de impactos con competitividad y productividad.....	112
Figura 41 Porcentajes más altos de evidencia de impactos en los casos de estudio	113

LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1 <i>Familia Normas ISO 50001</i>	41
Tabla 2 <i>Estructura Norma ISO 50001 versión 2011 y 2018</i>	42
Tabla 3 <i>Impactos a evaluar y código correspondiente</i>	105

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo determinar el impacto que genera la implementación de un sistema de gestión de la energía, basado en la norma ISO 50001 en las organizaciones. De modo que la investigación, de tipo cualitativo, se dividió en 3 etapas. La primera, una contextualización del estado actual de conocimiento acerca de la ISO 50001 y temas relacionados, mediante el uso una herramienta de análisis bibliográfico conocida como Scopus, en donde se identificó como líderes los continentes europeo y asiático. Así mismo, se identifica la manera en la cual la Norma aplica y está enfocada en el ciclo de mejora PHVA, en sus dos versiones.

La segunda etapa, describe y analiza la importancia de la formulación correcta de los indicadores de desempeño energético EnPI y la línea base energética EnB. Siendo los dos pilares que sustentan la medición, el seguimiento y evaluación del sistema de gestión de la energía, permitiendo también la identificación de las oportunidades de mejora y trazar las metas junto a los planes de acción para lograrlas. En la última etapa, se analizan 20 casos de estudio que demuestran el efecto de la implementación de la ISO 50001 en diversas organizaciones alrededor el mundo. Allí, se determina por medio de un análisis de frecuencia, que los principales beneficios son el incremento de la productividad y aumento en la competitividad de la organización, la disminución de consumo energético y costos relacionados, crecimiento de la cultura en la organización y mejora en la sostenibilidad ambiental.

Palabras Clave: ISO 50001, Eficiencia Energética, Impacto, Sistema de Gestión de la Energía, Indicadores de desempeño energético.

INTRODUCCIÓN

Es bien sabido que la energía es un recurso fundamental para llevar a cabo la vida que se conoce, permite el funcionamiento de la gran mayoría de equipos, herramientas, máquinas y demás artefactos que se utilizan en la sociedad actual. Debido a esto, presenta un rol protagónico en el crecimiento de las industrias (Türkoğlu & Kardoğan, 2018). Aunque su manejo trae consigo varios factores a tener en cuenta, de los cuales se resalta uno económico y otro ambiental. Los costos relacionados con el propio consumo de la energía para una organización y el impacto ambiental ocasionado por la generación de la energía que demandan las diversas organizaciones (Türkoğlu & Kardoğan, 2018).

De la mano de los principios de Deming, donde se enfoca en obtener la máxima calidad con el máximo aprovechamiento de los recursos (Deming, 1989), la Eficiencia Energética significa a grosso modo, utilizar menor cantidad de energía para desarrollar la misma tarea o actividad (Environmental and Energy Study Institute, (EESI), 2020). La eficiencia energética trae consigo una variedad de beneficios como: incremento de la competitividad, aumento de la seguridad energética, reducir emisiones, reducir la demanda energética, entre otros (Malinauskaite et al., 2020). Además, es importante tener en cuenta que existen enormes oportunidades en cuestiones de eficiencia energética en cada sector de la economía (Environmental and Energy Study Institute, (EESI), 2020).

Como se ha mencionado anteriormente, en la actualidad el mundo pasa por una tendencia ambiental muy fuerte, dadas las condiciones del cambio climático y la proyección basada en las emisiones de gases de efecto invernadero (EuropaPress, 2020). Es ahí donde nace la importancia del estudio de una norma que surgió específicamente como respuesta a esta crisis, La Norma ISO 50001 (ISOTools, 2020). Puesto que, si cada empresa puede realizar sus actividades con menor energía, esto repercute en una menor necesidad de generación de la misma y, por lo tanto, en menos emisiones (Malinauskaite et al., 2020).

Siendo una norma relativamente nueva, de 2011 su publicación, se ve la necesidad de documentar y recoger la experiencia de diferentes organizaciones

alrededor del mundo que tomaron iniciativa de implementarla. Teniendo la implementación de esta norma una consecuencia directa en la productividad y competitividad de la organización, que la incluya como parte de los engranajes de sus procesos productivos (ISOTools, 2020). Dado que lo que busca esta norma está enfocado a la integración, en todos los aspectos al interior de una organización, de la gestión de la energía; abarca hasta las medidas que la empresa adopte en función de alentar el ahorro energético y desde la adquisición de energía y materias primas, pasando por la minimización de costos, es decir, siendo más eficientes en general, aumentando la competitividad y productividad de una organización (ISOTools, 2020).

En ese orden de ideas, el presente trabajo busca presentar una revisión bibliográfica acerca del impacto de la implementación de la norma ISO 50001 las organizaciones. Teniendo un enfoque directo hacia cómo repercute en la competitividad y productividad de las mismas. Se basa en la aplicación de un enfoque cualitativo descriptivo, que se realiza mediante la búsqueda de información contenida en bases de datos de alto impacto científico y académico, seguidos por un análisis de la información recolectada, para ser categorizada según el capítulo, todo esto con el fin de evaluar la información recopilada.

Este estado del arte acerca del impacto de estos sistemas de gestión de la energía en las organizaciones se divide en 4 secciones. En la primera sección, se comienza por una contextualización de las principales características del sistema de gestión de la energía basado en la norma ISO 50001, como una herramienta para la eficiencia energética. Seguido por la determinación de los principales indicadores que demuestran el efecto de la implementación de esta norma sobre los parámetros de eficiencia energética, en la segunda sección. En la tercera sección, se describen casos de estudio donde se evidencian los beneficios, o en general los efectos de la implementación de la norma ISO 50001 y los sistemas de gestión de la energía, en diversas organizaciones. Para terminar en la cuarta y última sección, se presentan las debidas conclusiones y recomendaciones del proyecto.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como se sabe la energía es necesaria en cada aspecto de la vida. Por ende, juega un papel fundamental en el desarrollo de tanto una industria en su esencia, como de un país (Türkoğlu & Kardoğan, 2018). Pero con su utilización entran a colación varios aspectos y/o problemas. Entre los cuales se pueden identificar como los dos más importantes: los costos relacionados con el propio consumo de la energía para una organización y el impacto ambiental ocasionado por la generación de la energía que demandan las diversas organizaciones (Türkoğlu & Kardoğan, 2018).

En primera medida, se debe tener claro que de toda la energía que consumen las organizaciones e industrias no se aprovecha ni el 40% (Türkoğlu & Kardoğan, 2018). Por ende, el consumo para suplir las necesidades es mayor a lo que idealmente sería. Y de la mano vendrá el costo, es decir que el valor a pagar al organismo encargado de generar y brindar esa energía será mayor. Por otra parte, es relevante notar que la situación ambiental actual es crítica, según los datos actualizados a julio de 2020 por epdata (EuropaPress, 2020), las emisiones globales de CO₂ al ambiente fueron de 33 gigatoneladas en el 2019, traducido a un aumento de 1% anual (EuropaPress, 2020). Por lo cual se pronostica un incremento global anual de la temperatura de al menos un grado Celsius por los siguientes 5 años (EuropaPress, 2020). El mayor aporte a esas emisiones se encuentra relacionado con la generación de energía, que para el continente europeo representa un 80.7% de dichas emisiones (Agencia Europea de Medio Ambiente, (AEMA), 2017). Entonces entre más energía consuman las empresas con bajo aprovechamiento, más energía tendrá que ser generada y así se tendrán mayores emisiones.

De seguir de esta manera, las restricciones ambientales que se generen en los diferentes países serán más severas, imponiendo multas u otro tipo de sanciones. Además, el incremento de los costos dado a un bajo aprovechamiento de la energía conlleva a una baja en la productividad de la empresa, ya que no se está siendo eficiente. Al juntar lo anteriormente mencionado, se puede terminar en un cierre de la compañía. Por esto, es de gran valor e importancia la implementación de la norma ISO 50001,

relacionada a la eficiencia energética dentro de una organización, así como, al control de las emisiones producida durante la generación de energía.

1.1. Pregunta Problema

¿De qué manera la implementación de la norma ISO 50001 impacta la productividad y competitividad de una organización?

1.2. Objetivo General

Realizar una revisión bibliográfica acerca del impacto de la implementación de la Norma ISO 50001 en la competitividad y productividad de las organizaciones, basado en la eficiencia energética.

1.3. Objetivos Específicos

- Describir las principales características del sistema de gestión de la energía ISO 50001, como herramienta para la eficiencia energética.
- Determinar los principales indicadores que demuestran el efecto de la implantación de la norma sobre los parámetros de eficiencia energética.
- Describir casos de estudio donde se evidencien los beneficios en diversas organizaciones al implementar la norma ISO 50001.

2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo, Enfoque y Alcance de Investigación

La investigación es de carácter cualitativo en donde se “utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación” (Hernandez Sampieri, 2014), donde se busca llevar a cabo un alcance descriptivo. Teniendo en cuenta que los temas relacionados al impacto de la implementación de la Norma ISO 50001 son relativamente nuevos, ya que la norma, como se menciona anteriormente, es reciente también; se puede decir que presenta un alcance exploratorio. Pero dadas las características del trabajo a desarrollar, se plantea un alcance descriptivo. En el cual se “busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” (Hernandez Sampieri, 2014).

2.2. Fuentes de Información

Para la investigación se utilizarán principalmente bases de datos. Dentro de las cuales se tienen: Ebsco Host, Emerald Insight, ScienceDirect, Springer Link y VirtualPro. Además, trabajos de grado encontrados en el repositorio institucional (Lumieres), así como el repositorio de otras instituciones, artículos e información de Google Académico y libros como Metodología de la investigación (Hernandez Sampieri, 2014), que serán de ayuda para la redacción y desarrollo del trabajo.

2.3. Actividades Detalladas

Para cumplir a cabalidad con los objetivos, tanto general como específicos, propuestos; la secuencia de actividades será la siguiente:

Primero se llevará a cabo el desarrollo de las estrategias de búsqueda, en donde mediante el uso de palabras clave, sinónimos y la consulta de tesauros, se determinarán

las diferentes estructuras de búsqueda con operadores boléanos. Con el fin de obtener los mejores resultados en las bases de datos.

Consecuente a la actividad anterior se realizará la búsqueda bibliográfica. En donde, aplicando las estructuras resultado de la actividad anterior, se ingresa a las bases de datos mencionadas anteriormente. De los múltiples resultados que se obtengan, se hará lectura de cada uno para determinar su validez y utilidad en el proyecto en cuestión.

En simultáneo con la actividad anterior, se realiza la recolección y almacenamiento de la información que haya sido determinada como útil y válida, mediante una herramienta conocida como Refworks, un gestor bibliográfico.

Luego de esto, se realizará la categorización de la información recopilada. En donde, mediante el desarrollo de una estructura gráfica que permita dividir en subtemas el proyecto. Se relacionará cada documento con uno de esos subtemas.

Después de esto se llevará a cabo el análisis de la información recopilada y categorizada, en el orden que se impone por la secuencia de los objetivos específicos. Primero, la información referente a las características del SGEEn ISO 50001 y a la eficiencia energética. Segundo, la información referente a los indicadores que demuestran el impacto de la implementación de la norma. Tercero y último, el análisis de los diferentes casos de estudio. Esta secuencia de análisis de la información es la actividad crítica del proyecto. Por ende, se espera que sea la de más largo desarrollo, en cuestiones de tiempo.

Luego se procede a la construcción de las conclusiones y recomendaciones del trabajo. Siendo de vital importancia tener los resultados de las actividades anteriores. Es preciso mencionar que una actividad paralela desde la categorización de la información hasta después de las conclusiones y recomendaciones, será la redacción del documento, para su posterior presentación y entrega.

3. MARCO REFERENCIAL

- **Beneficios e impacto organizaciones:** Se puede definir como el efecto que el proyecto va a tener en la organización y en las personas que se van a ver involucradas, este efecto puede afectar de forma directa e indirecta en la forma en que las personas entienden o realizan su trabajo (Correa, 2019).
- **Calidad:** Grado en el que un conjunto de características cumple con los requisitos (International Organization for Standardization, (ISO), 2015).
- **Certificación:** Actividad mediante la cual un organismo reconocido, independiente de las partes interesadas, proporciona una garantía escrita de que un producto, un proceso o un servicio es conforme a las exigencias especificadas (International Organization for Standardization, (ISO), 2015).
- **Competitividad:** Es la capacidad de una persona u organización para desarrollar ventajas competitivas con respecto a sus competidores. Obteniendo así una posición destacada en su entorno. La competitividad generalmente se basa en una ventaja competitiva. Esto es una cierta habilidad, recursos, tecnología o atributos que hacen superior al que la posee. Se trata de un concepto relativo donde se compara el rendimiento de una persona u organización con respecto a otras (Deming, 1989).
- **Efectividad:** Relación entre el resultado y el objetivo (International Organization for Standardization, (ISO), 2015).
- **Eficiencia Energética:** Definimos eficiencia energética como el uso eficiente de la energía. Un aparato, proceso o instalación es energéticamente eficiente cuando consume una cantidad inferior a la media de energía para realizar una actividad. Una persona, servicio o producto eficiente comprometido con el medio ambiente, además de necesitar menos energía para realizar el mismo trabajo, también busca abastecerse, si no por completo, con la mayor cantidad posible de energías renovables (Environmental and Energy Study Institute, (EESI), 2020).
- **Eficiencia:** Capacidad de lograr las metas establecidas haciendo uso de la menor cantidad posible de recursos (International Organization for Standardization, (ISO), 2015).

- **Factor de Éxito:** Son aquellos aspectos que afectan más la capacidad de los miembros de la industria para prosperar en el mercado o a lograr un objetivo, es decir aquellos aspectos que terminarán marcando la diferencia entre utilidades y pérdidas o éxito y fracaso (Valderrama Ramírez, 2018).
- **Gestión de la calidad:** Actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización con el objetivo de satisfacer sus propias necesidades y las del cliente (International Organization for Standardization, (ISO), 2015).
- **Gestión:** Actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización (International Organization for Standardization, (ISO), 2015).
- **Implementar:** Poner en funcionamiento o aplicar métodos, medidas, etc., para llevar algo a cabo (RAE, Real Academia de la Lengua Española, 2020).
- **Indicadores de eficiencia energética:** Son expresiones cuantitativas que sirven para analizar interacciones entre la actividad económica y humana, el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Estos indicadores permiten identificar dónde se pueden efectuar ahorros de energía, tanto en una empresa como a nivel agregado, en una economía (International Energy Agency, 2016).
- **Indicador de gestión:** Es la expresión cuantitativa del comportamiento y desempeño de un proceso, cuya magnitud, al ser comparada con algún nivel de referencia, puede estar señalando una desviación sobre la cual se toman acciones correctivas o preventivas según el caso (International Organization for Standardization, (ISO), 2015).
- **Indicador:** Es una comparación entre dos o más tipos de datos que sirve para elaborar una medida cuantitativa o una observación cualitativa. Esta comparación arroja un valor, una magnitud o un criterio, que tiene significado para quien lo analiza (Valderrama Ramírez, 2018).
- **ISO 14001:** Es una norma internacional que contiene los requisitos necesarios para implantar un Sistema de Gestión de Medioambiental. Proporciona a las organizaciones la posibilidad de instaurar un SGMA que demuestre un desempeño ambiental válido (ISOTools, 2020).
- **ISO 50001:** Es una normativa Internacional de reciente publicación, desarrollada por ISO (International Organization for Standardization) en el que se determinan los requisitos para la gestión de la energía en una organización. Esta norma es de

aplicación en todo tipo de empresas y organizaciones independientemente de su tamaño o actividad. El objetivo principal de esta Norma es integrar la Gestión de la energía en todos sus aspectos, dentro de una organización con el sistema de Gestión de la Empresa, abarcando desde la compra de energía y materias primas hasta las medidas a adoptar en la empresa para promover el ahorro energético (ISOTools, 2020).

- **ISO 9001:** Es una norma ISO internacional elaborada por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) que se aplica a los Sistemas de Gestión de Calidad de organizaciones públicas y privadas, independientemente de su tamaño o actividad empresarial. Se trata de un método de trabajo excelente para la mejora de la calidad de los productos y servicios, así como de la satisfacción del cliente (ISOTools, 2020).
- **Productividad:** Capacidad de producción, según la relación entre el producto y el insumo, es decir, los recursos que debieron utilizarse para generar esos bienes con la calidad que buscan los clientes (Deming, 1989).
- **Sistema de Gestión de la Energía:** Conocido como SGen o EnMS, que es la parte del sistema de gestión de una organización dedicada a desarrollar e implantar su política energética, así como a gestionar aquellos elementos de sus actividades, productos o servicios que interactúan con el uso de la energía (Dall'O' et al., 2020).

4. PANORAMA SOBRE LA NORMA ISO 50001 Y LOS ENMS

4.1. Estado del Conocimiento

Debido al enfoque y características de este trabajo, partiendo desde el hecho que se realiza como un estado del arte; se hace inevitable e imprescindible realizar una revisión del estado del conocimiento. Este estado del conocimiento se realiza en función del análisis de la información bibliográfica obtenida y de los resultados de las búsquedas en fuentes de información confiables e indexadas.

Mediante la utilización de una herramienta conocida como Scopus, la cual:

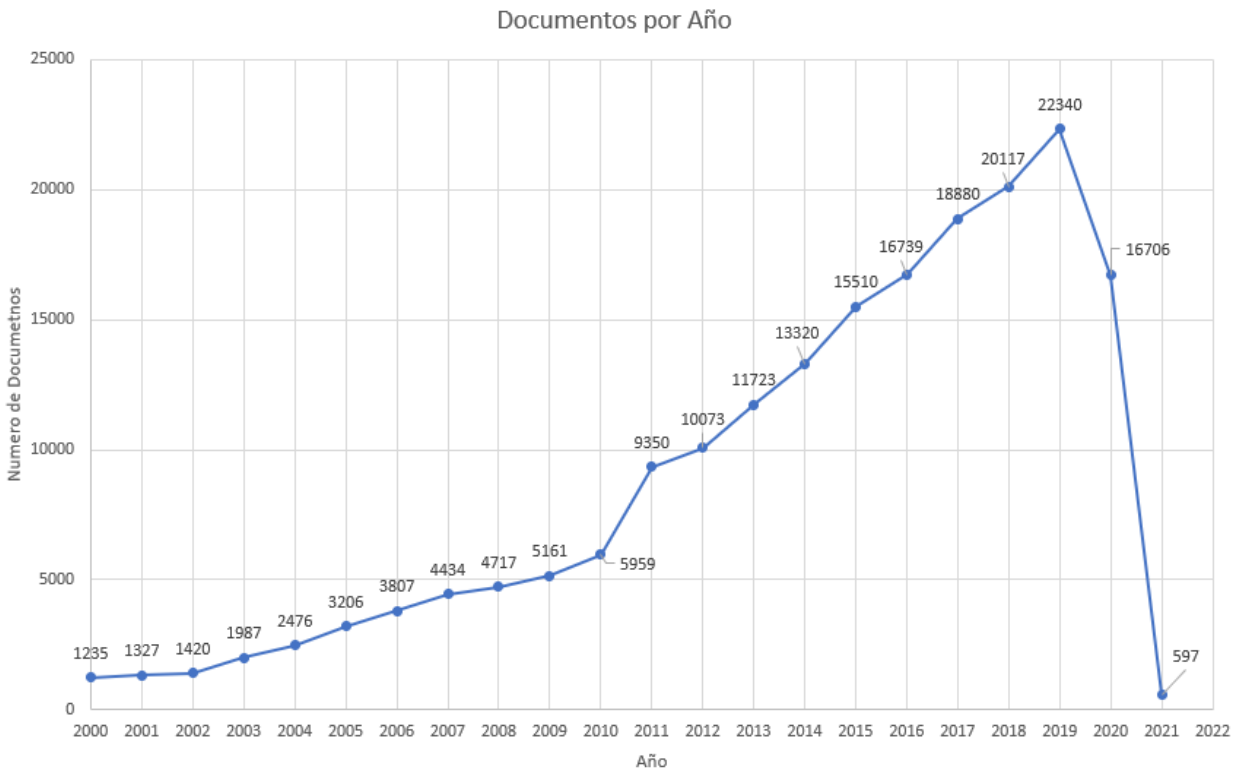
es una herramienta combina de forma única una base de datos completa y curada de resúmenes y citas con datos enriquecidos y contenido académico vinculado. Además, reúne una cobertura y calidad de datos superior, análisis sofisticados y tecnología avanzada en una solución que está lista para combatir la publicación depredadora, optimizar los poderes analíticos y los flujos de trabajo de los investigadores, y potenciar una mejor toma de decisiones. Indexa el contenido de 24,600 títulos activos y 5,000 editores que es rigurosamente examinado y seleccionado por una junta de revisión independiente, y utiliza una rica arquitectura de metadatos subyacente para conectar personas, ideas publicadas e instituciones. Mediante el uso de herramientas y análisis sofisticados, Scopus genera resultados de citas precisos, perfiles de investigadores detallados y conocimientos que impulsan mejores decisiones, acciones y resultados. (Scopus, 2020).

Se realizará el análisis de acuerdo a los temas, de los más generales a los más específicos dentro del marco temático que abarca este proyecto. Empezando con el tema de eficiencia energética, posteriormente sistemas de gestión energética, luego de ellos se trata el tema de la norma ISO 50001 y, por último, indicadores de eficiencia energética.

Entonces se tiene en primer lugar la búsqueda y análisis en función de la búsqueda de “Energy Efficiency”, se traza un rango de tiempo a partir del año 2000. Se obtienen 191.084 resultados con la siguiente distribución por año:

Figura 1

Distribución por año de la información para "Energy Efficiency"



Nota: La figura representa la cantidad de documentos para la búsqueda de Energy Efficiency por cada año. Tomado de: Scopus. (2020). Scopus. <https://ezproxy.uamerica.edu.co>

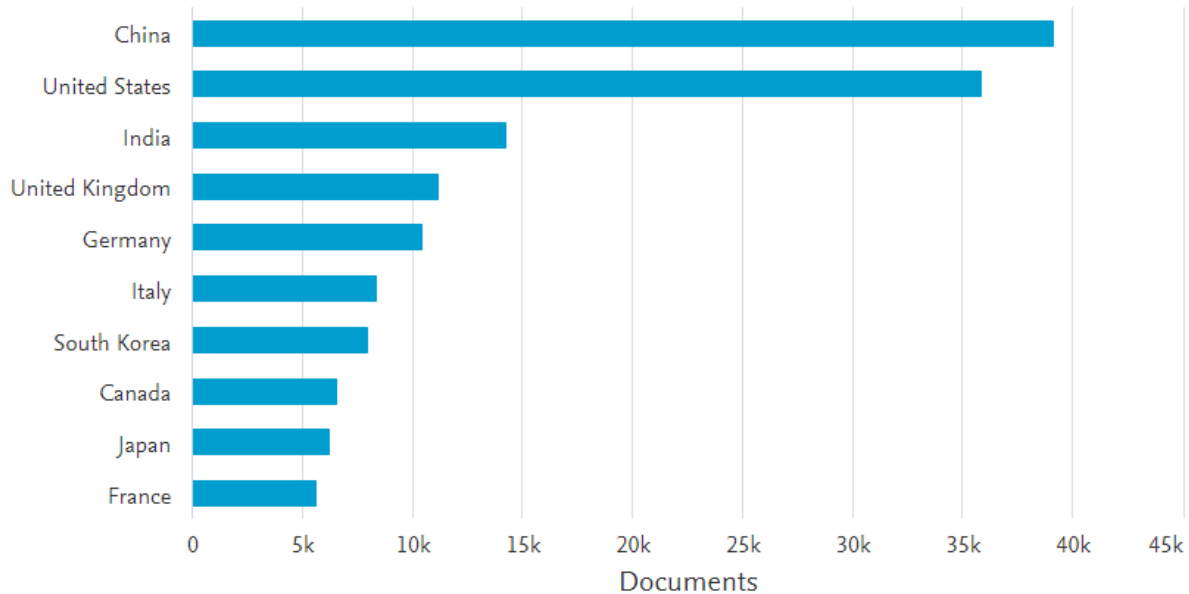
A partir de la figura 1, se puede evidenciar un incremento a lo largo del tiempo en la investigación y conocimiento en relación al tema de eficiencia energética, debido a las nuevas necesidades que se han venido presentando, como son el cambio climático, los costos energéticos y demás. Se observa un valor menor para 2020, debido al estado de pandemia que se presentó en dicho año, que conllevó a restricciones para el desarrollo de la investigación, así mismo como un duro golpe a la economía global.

Figura 2

Distribución por territorio de la información para "Energy Efficiency"

Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.



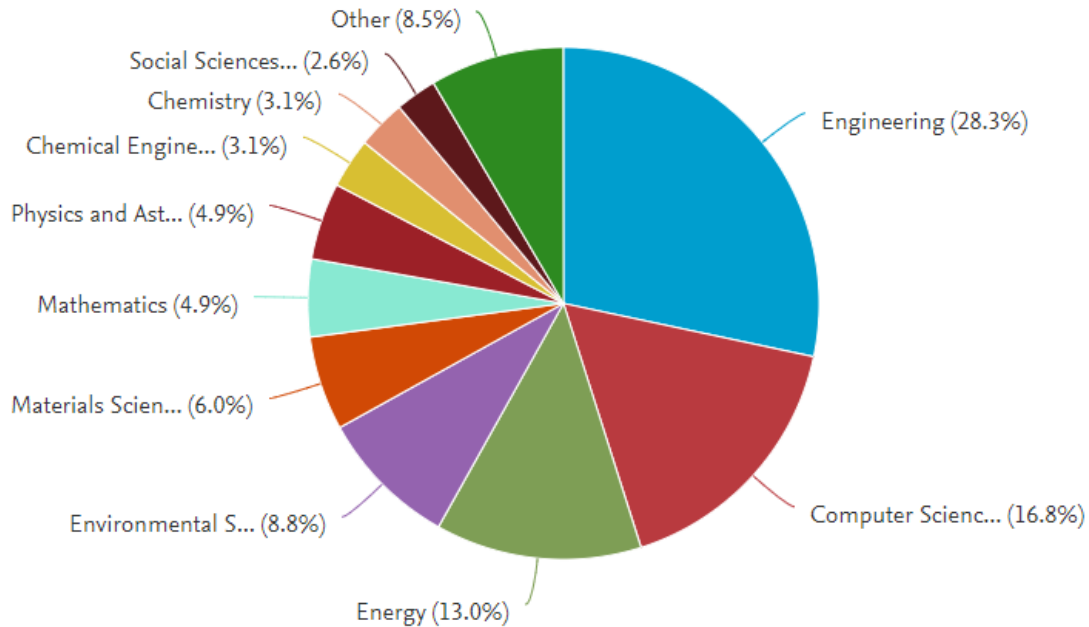
Nota: La figura representa la cantidad de documentos para la búsqueda de Energy Efficiency según el país fuente. Tomado de: Scopus. (2020). Scopus. <https://ezproxy.uamerica.edu.co>

En la figura 2 se puede observar que los países que presentan mayor estado de conocimiento en cuanto al tema de eficiencia energética son China, Estados Unidos e India. Esto va de la mano a que son los más consumidores de energía en el mundo, por lo que es lógico que sean los principales interesados en el incremento de la eficiencia energética.

Figura 3

Distribución por área temática de la información para "Energy Efficiency"

Documents by subject area



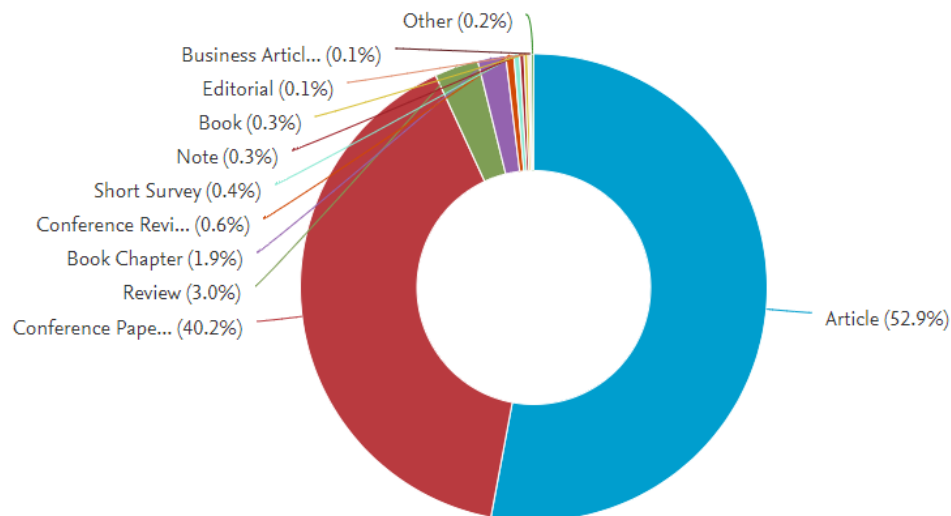
Nota: La figura representa la cantidad de documentos para la búsqueda de Energy Efficiency según el área temática. Tomado de: Scopus. (2020). Scopus. <https://ezproxy.uamerica.edu.co>

En la figura 3 se puede observar que la mayoría de la información está dada en el ámbito de la ingeniería, lo cual es lógico ya que el ámbito ingenieril siempre es el más apropiado para la búsqueda de la eficiencia. Así mismo que las partes operacionales de la cada organización son los que más impacto tienen en el consumo energético.

Figura 4

Distribución por tipo de la información para "Energy Efficiency"

Documents by type



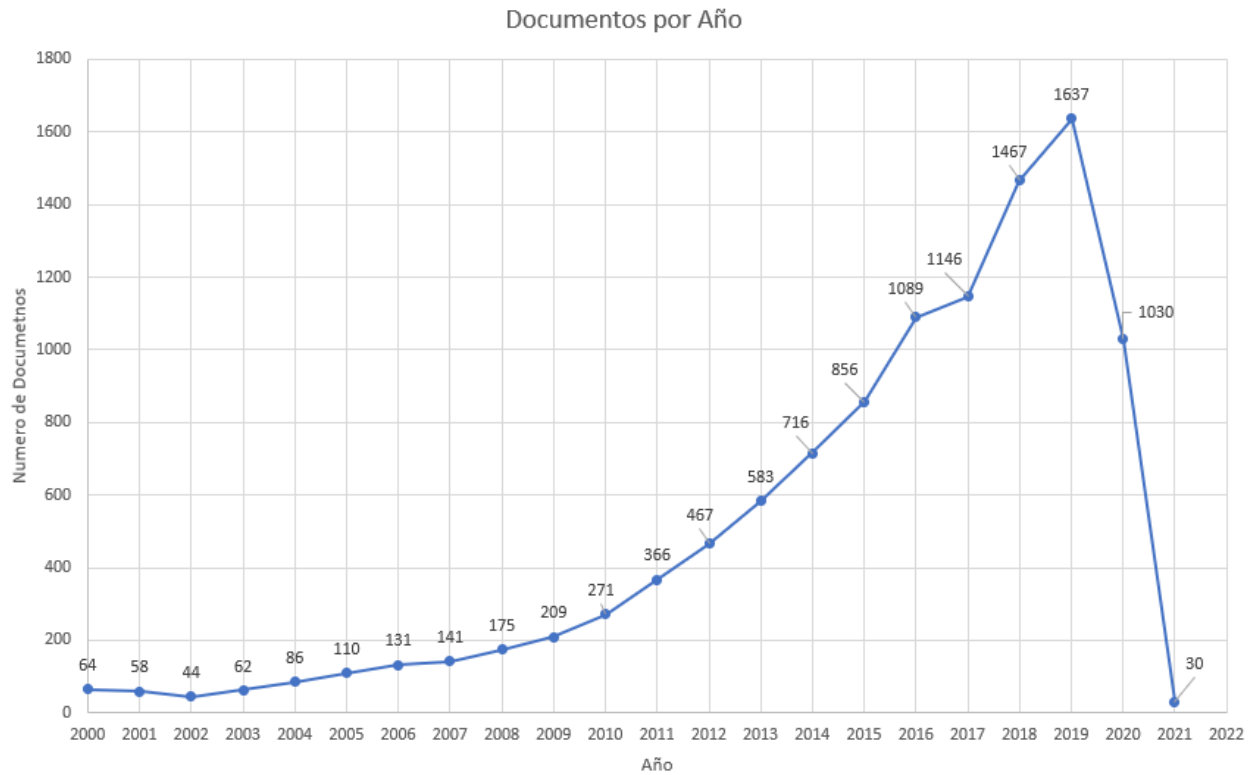
Nota: La figura representa la cantidad de documentos para la búsqueda de Energy Efficiency según el tipo de documento. Tomado de: Scopus. (2020). Scopus. <https://ezproxy.uamerica.edu.co>

En la figura 4 se puede observar que el tipo de documento que prima en toda la información indexada disponible está dado en artículos, el segundo son las actas de conferencias. Entre ellos dos representan el 93.1% de la información total.

Ahora se pasa a realizar el análisis con respecto a "Energy Management System" o EnMS, de igual manera desde el año 2000. En este caso la cantidad de información es menor a la búsqueda anterior con 10.738 resultados, se debe, como era de esperarse a una mayor especificidad del tema. Y presentan la siguiente distribución por año:

Figura 5

Distribución por año de la información para "Energy Management System"



Nota: La figura representa la cantidad de documentos para la búsqueda de Energy Management System por cada año. Tomado de: Scopus. (2020). Scopus. <https://ezproxy.uamerica.edu.co>

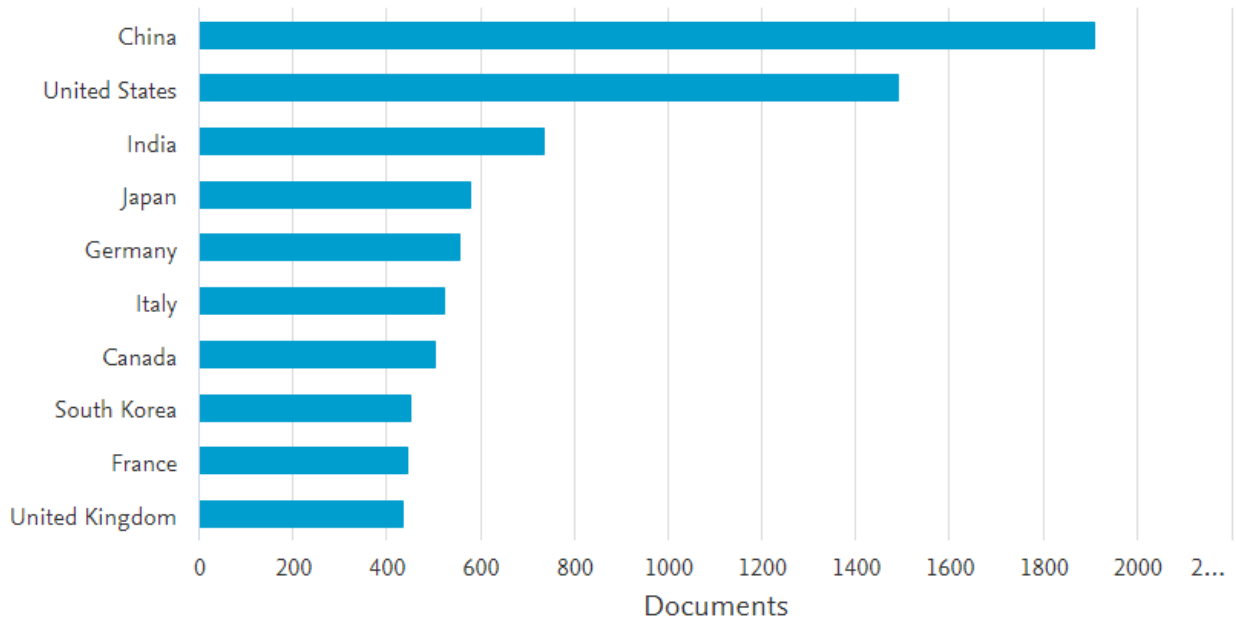
En la figura 5, se puede notar que el estado del conocimiento en cuanto a este tema también ha ido en aumento, así como el de eficiencia energética. Siendo sensato decir que los mismos factores afectan a las dos temáticas.

Figura 6

Distribución por territorio de la información para "Energy Management System"

Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.



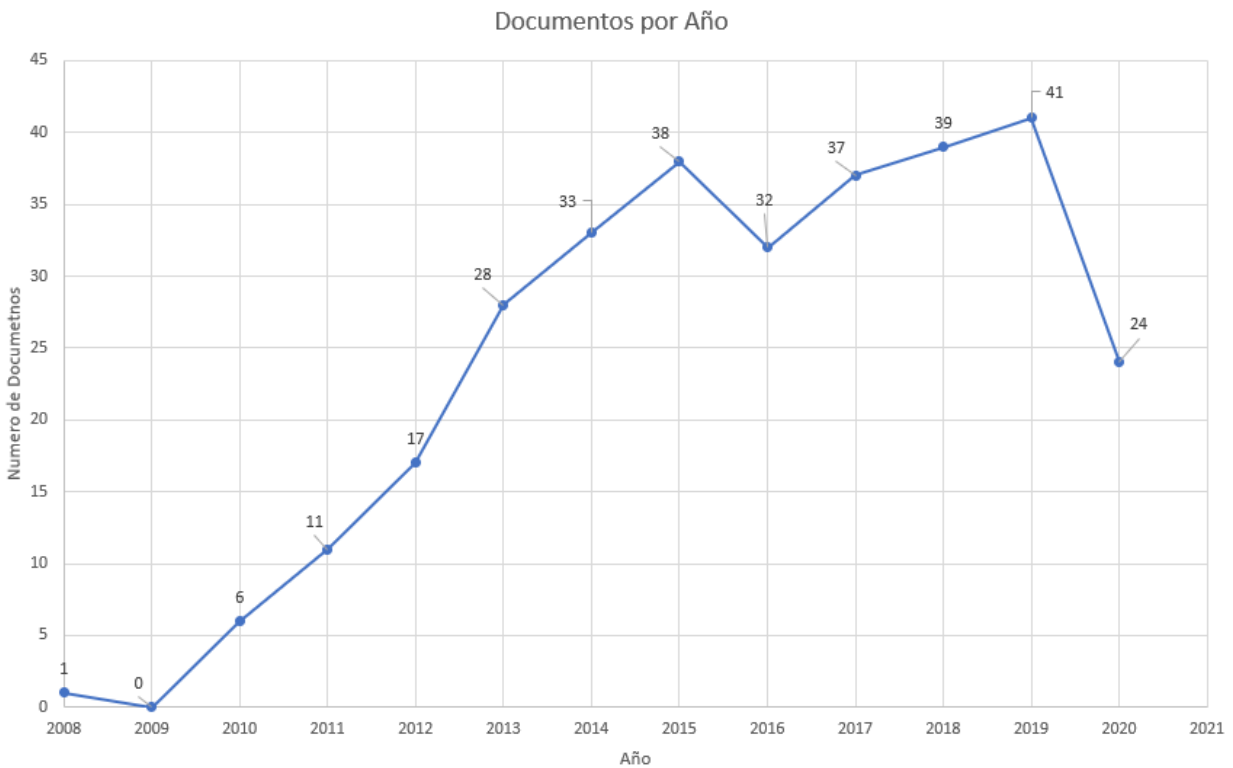
Nota: La figura representa la cantidad de documentos para la búsqueda de Energy Management System según el país fuente. Tomado de: Scopus. (2020). Scopus. <https://ezproxy.uamerica.edu.co>

Se puede observar en la figura 6 que los mismos países que son “potencia” en este tema de EnMS, se mantienen constantes al tema anterior de eficiencia energética.

En tercer lugar, se realiza el mismo procedimiento para “ISO 50001”, llegándose a 307 resultados únicamente y estando estos disponibles desde 2008. Como se muestra a continuación en su perfil por año:

Figura 7

Distribución por año de la información para "ISO 50001



Nota: La figura representa la cantidad de documentos para la búsqueda de ISO 50001 por cada año.

Tomado de: Scopus. (2020). Scopus. <https://ezproxy.uamerica.edu.co>

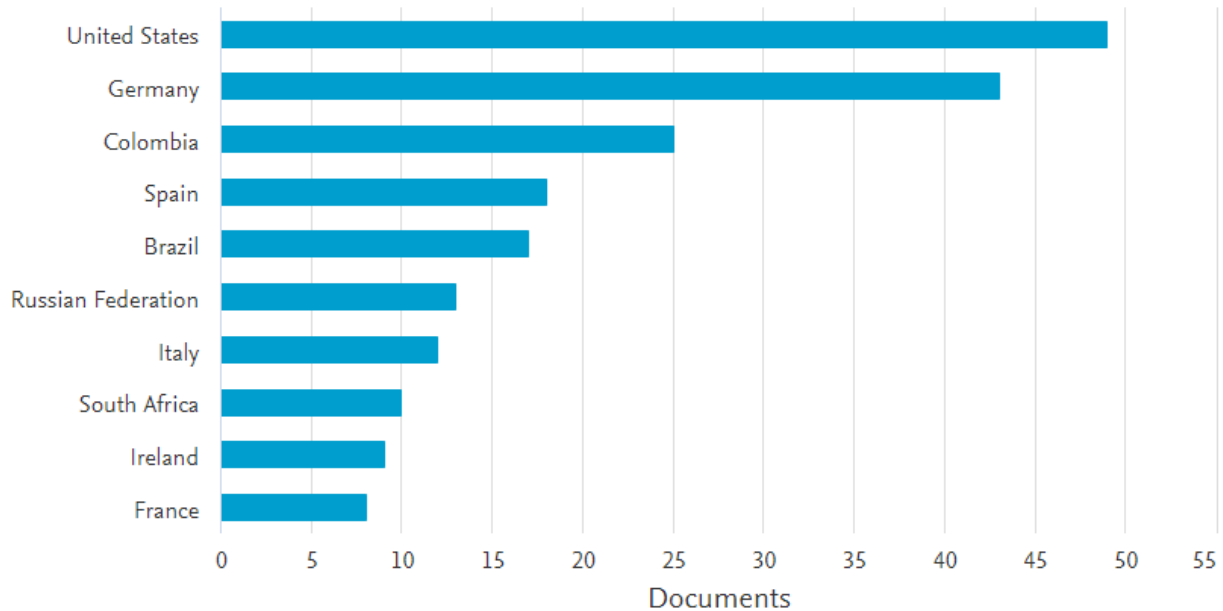
De la información brindada en la figura 7, se puede notar que antes de 2008 no hay nada de conocimiento del tema, lo cual es totalmente lógico ya que esta norma ISO 50001, fue lanzada, en su primera edición en el año 2011 (International Organization for Standardization, (ISO), 2011). Antes se lograba llegar a estudios de lo que se visualizaba, pero después de ese año, se dio un incremento en cuanto a la información que se publicó en relación a este tema. Dicho incremento se mantuvo hasta 2020, cuando se dio una caída producida por los factores ya presentados.

Figura 8

Distribución por territorio de la información para "ISO 50001"

Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.



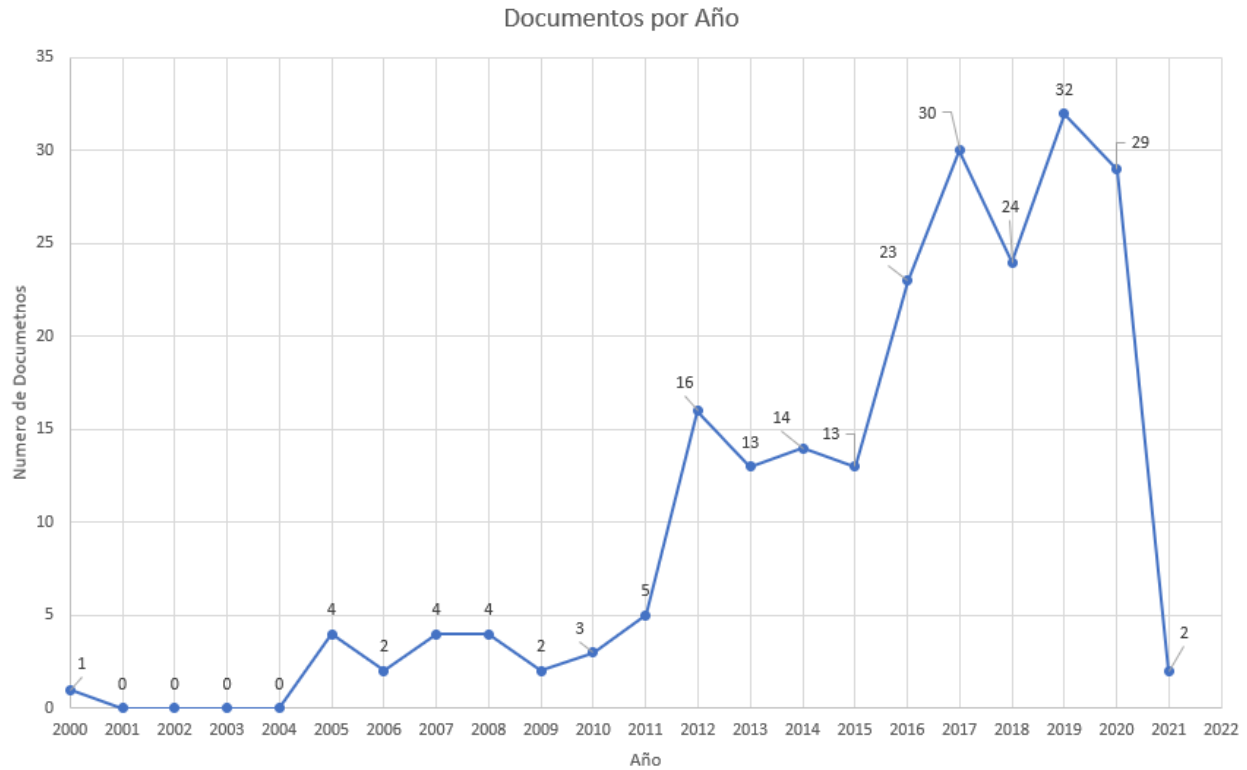
Nota: La figura representa la cantidad de documentos para la búsqueda de ISO 50001 según el país fuente. Tomado de: Scopus. (2020). Scopus. <https://ezproxy.uamerica.edu.co>

En la figura 8 se puede observar algo de mucho valor, ya que un país como Colombia aparece en los primeros 3 lugares en función de su estado de conocimiento del tema. Es bien sabido que Colombia ha sido uno de los líderes de Suramérica en temas de calidad, por número de empresas certificadas y demás, pero sorprende que aparezca en tan alta posición en este ranking. No obstante, no es novedad que países altamente industrializados como Estados Unidos y Alemania se lleven el top 1 y 2 respectivamente.

Por último, se realiza el análisis en relación a "Energy Performance Indicator". Teniendo como resultado 220 documentos desde el año 2000. Con la siguiente distribución por año:

Figura 9

Distribución por año de la información para "Energy Performance Indicator"



Nota: La figura representa la cantidad de documentos para la búsqueda de Energy Performance Indicator por cada año. Tomado de: Scopus. (2020). Scopus. <https://ezproxy.uamerica.edu.co>

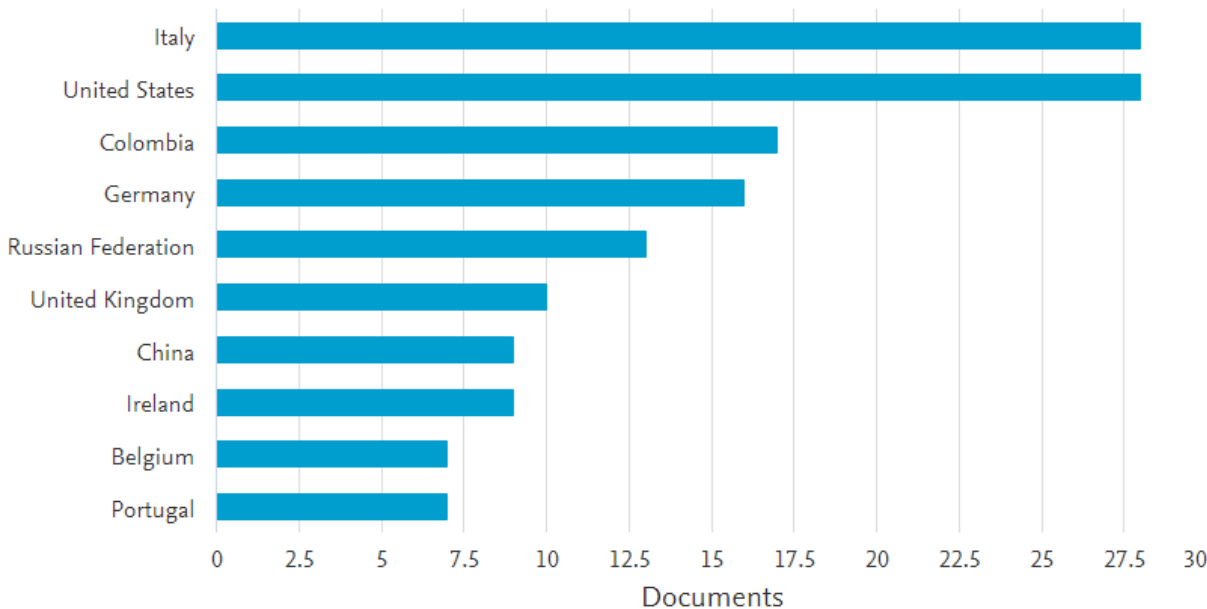
En este caso, se ve algo muy particular en la figura 9. Este es un tema que se venía tratando con anterioridad, pero después de 2011, la cantidad de información se eleva. Lo anterior se debe a que en ese año salió la primera versión de la norma ISO 50001, lo cual produjo la necesidad de que se estudiara más el tema relacionado con los indicadores de eficiencia energética y poder cumplir los requisitos de esta norma.

Figura 10

Distribución por territorio de la información para "Energy Performance Indicator"

Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.



Nota: La figura representa la cantidad de documentos para la búsqueda de Energy Performance Indicator según el país fuente. Tomado de: Scopus. (2020). Scopus. <https://ezproxy.uamerica.edu.co>

Y según la figura 10, los países que más avanzado tienen este tema son Estados Unidos e Italia, presentando una enorme ventaja frente al resto del mundo.

4.2. Eficiencia Energética

Antes que nada, es necesario y de gran importancia definir este concepto: qué es la eficiencia energética (Energy Efficiency). Existen diversas definiciones dependiendo del contexto, autores y lugar, pero todas apuntan a la misma dirección; aumentar la eficiencia energética se traduce en una reducción del consumo energético sin afectar las actividades normales de la organización (Cunha et al., 2020).

Pero bien, se tiene que partir, como es lógico con la definición técnica que brinda la norma abordada como tema de este trabajo, la ISO 50001. En su versión 2011, se define eficiencia energética como "proporción u otra relación cuantitativa entre el

resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía” (International Organization for Standardization, (ISO), 2011) y en su versión 2018, se encuentra definida como “ proporción u otra relación cuantitativa entre un resultado de desempeño, servicio, productos, materias primas, o de energía y una entrada de energía” (International Organization for Standardization, (ISO), 2019). Como se puede notar las dos definiciones no cambian en función del tiempo, esto indica que las modificaciones entre las dos versiones no se dieron por parte de la terminología.

Para llegar a entender a mayor profundidad las definiciones anteriores se va a relacionar, de la misma norma, los conceptos de desempeño y energía. Siendo el desempeño un “resultado medible” (International Organization for Standardization, (ISO), 2019) tanto cuantitativo como cualitativo y la energía está definida como “electricidad, combustibles, vapor, calor, aire comprimido y otros medios” (International Organization for Standardization, (ISO), 2019) es decir que “se refiere a los diferentes tipos de energía que se pueden comprar, almacenar, tratar, utilizar en un equipo o en un proceso, o recuperar, incluyendo la renovable” (International Organization for Standardization, (ISO), 2019). Entonces eficiencia energética según la ISO 50001 en sus dos versiones, se refiera a una relación cuantitativa entre una salida, que puede ser un resultado medible, un servicio, un producto, una materia prima o energía en forma de electricidad, combustible, vapor, calor y demás, en función de la energía de entrada (International Organization for Standardization, (ISO), 2019). Como ejemplos de eficiencia energética se tiene eficiencia de conversión o energía requerida/ energía consumida (International Organization for Standardization, (ISO), 2019). Suele usarse como un métrico para evaluar el desempeño energético y como un indicador de desempeño energético (IDEn), conceptos que serán explicados más adelante.

Por otra parte, al salir del contexto interno de la norma, la eficiencia energética es vista desde el ámbito social, investigativo y científico como uno de los principios claves para reducir emisiones, avanzar en la seguridad energética, incrementar la competitividad y hacer el consumo energético más accesible para todos los consumidores (Malinauskaite et al., 2020). Teniendo en cuenta que la energía es uno de los recursos más importantes para una organización, la eficiencia en su utilización toma alta importancia (Türkoğlu & Kardoğan, 2018). Dando lugar a definiciones variadas pero

encaminadas hacia lo mismo, como englobar las políticas, tecnologías y estrategias para resolver problemas de uso o consumo de energía a niveles residenciales, comerciales y nacionales; reduciendo costos financieros, minimizando emisiones de gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global (Türkoğlu & Kardoğan, 2018). También es definido, en cierta escala, como la relación entre la energía de entrada y de salida en términos comparativos (Türkoğlu & Kardoğan, 2018). Así mismo, como la relación entre la energía ingresada con las salidas mediables en función de los indicadores de desempeño (Türkoğlu & Kardoğan, 2018). O la que más le gusta a este autor, “la eficiencia energética significa obtener el mismo producto y servicio utilizando menor energía” (Türkoğlu & Kardoğan, 2018).

Obviamente, lo anterior conlleva beneficios intrínsecos que serán explicados con mayor detenimiento más adelante, pero aquí se trae un abrebocas. Enfocando y englobando los términos de productividad y competitividad, si una empresa consume menor cantidad de un recurso para la fabricación de un producto y la prestación de un servicio, esta será más eficiente y por tanto, más productiva (Deming, 1989). Lo que además le dará una ventaja competitiva frente a las demás organizaciones, que puede ser aprovechada desde una disminución en el precio de sus productos para la atracción de los clientes (Deming, 1989) o por el hecho del plus visual relacionado con estar en pro del medio ambiente (Türkoğlu & Kardoğan, 2018).

4.3. EnMS, Sistema de Gestión de la Energía

Dado que ya está claro el tema referente a eficiencia energética, se pasa a tratar todo lo relacionado con los sistemas de gestión energética. Pero para ello se debe primero hacer una claridad acerca de la gestión energética como tal y hacia dónde va encaminada. Siendo útil realizar otra mirada al contexto y a la historia, como se parte en seguida.

La revolución industrial (1760-1840) cambió la naturaleza de los procesos de fabricación mediante el uso de energía mecánica. Los tolos de máquinas comenzaron a reemplazar los métodos de producción manual que aumentaron la necesidad de energía (Kanneganti et al., 2017). El sector manufacturero se convirtió en un combustible

dominante para el crecimiento económico en todo el mundo. Esta transición llevó a un uso significativo de energía en el mundo. Según la Administración de Información Energética (EIA) de EE. UU., El uso total de energía mundial para el año 2010 fue de 524 billones de unidades térmicas británicas (BTU) y se prevé que aumente a 630 billones de BTU para el año 2020 y 820 billones de BTU para 2040. El sector industrial en particular, utiliza más energía que cualquier otro sector. Según la Administración de Información Energética (EIA), el sector industrial se compone principalmente de manufactura (alimentos, papel, químicos, refino, hierro y acero, metales no ferrosos, minerales metálicos y otros) y no manufactura (agricultura, minería y construcción). En Estados Unidos, el uso total de energía en el año 2014 fue de 98,3 billones de BTU (Kanneganti et al., 2017). Las principales fuentes de energía consumidas en los Estados Unidos son el petróleo (petróleo), el gas natural, el carbón, la energía nuclear y las renovables (Kanneganti et al., 2017).

Se ha observado que existe un crecimiento significativo en el consumo de energía a nivel mundial con respecto al tiempo (Kanneganti et al., 2017). El subproducto de este crecimiento en el consumo de energía es el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que provocan el calentamiento global. Muchas naciones han comenzado a centrarse en la conservación de la energía y la eficiencia energética como una forma de reducir los gases de efecto invernadero (Kanneganti et al., 2017).

Existen varias razones para reducir la intensidad energética además de los objetivos medioambientales (Kanneganti et al., 2017). Debido a la creciente globalización y subcontratación, las instalaciones de fabricación deben ser altamente competitivas. Una forma de ser líder del mercado es reducir los costos del producto, aumentando así su productividad en dólares (Kanneganti et al., 2017). La energía es uno de los factores clave para reducir los costos operativos. La conservación de la energía es también uno de los pilares de la sostenibilidad y el desarrollo sostenible (Kanneganti et al., 2017).

Es por esto y por lo que se ha mencionado en secciones anteriores, que la gestión de la energía se ha vuelto crucial para el sector industrial como un enfoque estructurado para reducir el costo de producción y reducir la huella de carbono (Kanneganti et al., 2017). La idea esencial de la gestión de la energía es la revisión coherente, metódica y eficiente del uso de la energía, centrándose en la optimización del costo de la energía

con respecto a las características del usuario, la capacidad de financiación, las demandas de energía, las oportunidades de financiación y las reducciones de emisiones logradas (Mariano-Hernández et al., 2021).

A pesar de que la definición anterior es coherente y bien enfocada, existen diversas definiciones a partir de varios autores y es importante traerlas a colación. Otra de ellas, según da Silva y Mil-Homens (2019) es que la gestión de la energía comprende las actividades, procedimientos y rutinas sistemáticas dentro de una empresa industrial que incluyen los elementos estrategia / planificación, implementación / operación, control, organización y cultura y que involucran tanto el proceso de producción como el de soporte, que tienen como objetivo reducir continuamente el consumo de energía de la empresa y sus relacionados los costos de energía. En el artículo de Jovanović y Filipović (2016), se relacionan varias como lo son: la gestión energética se centra en la implementación de tecnologías energéticamente eficientes, el desplazamiento de equipos ineficientes y el mantenimiento de la tecnología; la gestión de la energía está vinculada a la optimización del uso de energía o que la gestión energética es un conjunto de medidas para conseguir el mínimo uso energético, mientras que los niveles de confort y producción siguen siendo los mismos. Por último, Kanneganti et al. (2017) presenta su definición de lo que es la gestión energética, como “la coordinación proactiva, organizada y sistemática de la adquisición, conversión, distribución y uso de la energía para cumplir con los requisitos, teniendo en cuenta los objetivos ambientales y económicos” (Kanneganti et al., 2017). La mejora continua es un requisito clave en cualquier sistema de gestión de energía y se puede lograr utilizando el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PDCA).

Ahora bien ¿cómo se puede llegar a gestionar la energía? Se tienen principalmente tres estándares según la literatura; el ANSI/MSE 2000:2008, el EN 16001:2009 y la ISO 50001 (Kanneganti et al., 2017).

El primero de ellos, Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) / Sistema de Gestión de Energía (MSE) 2000: 2008 es un estándar de gestión de energía desarrollado por el Instituto de Tecnología de Georgia. Este estándar especifica requisitos para sistema de gestión de energía que ayudan a una organización a adoptar un enfoque sistemático hacia la mejora continua en el desempeño energético. Según la

norma, el rendimiento energético puede incluir la reducción de la intensidad energética, el aumento del uso de recursos energéticos renovables y la reducción de los costes energéticos. Este sistema de gestión de la energía cubre la oferta, demanda, confiabilidad, compra, almacenamiento, uso y disposición, según corresponda, de los recursos energéticos primarios y secundarios. De acuerdo con este estándar, las organizaciones deben especificar objetivos razonables de mejora del rendimiento en función de su proceso de planificación de la gestión energética. ANSI / MSE 2000 se utilizó como uno de los recursos para desarrollar la norma de gestión de energía ISO 50001 (Kanneganti et al., 2017).

El segundo mencionado, EN 16001:2009, es el estándar de gestión de energía desarrollado por el British Standards Institute. El estándar garantiza que la gestión de la energía esté integrada en la estructura empresarial organizativa, de modo que las organizaciones puedan ahorrar energía, costes y mejorar la energía y el rendimiento empresarial. El objetivo principal de esta norma es la mejora continua del rendimiento energético. EN 16001:2009 proporciona una gama de posibles metodologías que podrían usarse tanto para cumplir con la norma como para garantizar el desarrollo y el funcionamiento de un Sistema de Gestión de Energía eficaz y documentado. Esta norma no establecerá ningún requisito de rendimiento energético ni garantizará resultados energéticos óptimos (Kanneganti et al., 2017).

Y el tercero, ISO 50001 es el último estándar de gestión de energía, sucesor de ANSI / MSE 2000 y EN 16001. El estándar guía a una organización para desarrollar e implementar una política para identificar áreas importantes de consumo de energía y comprometerse con las reducciones de energía (Kanneganti et al., 2017). El estándar no requiere ningún criterio de desempeño específico similar a cualquier otro estándar de sistema de gestión publicado por la ISO (Kanneganti et al., 2017); del cual trata principalmente este trabajo y se desarrollara a profundidad más adelante.

Conociendo todo esto, resta por resolver el interrogante acerca de un sistema de gestión energético, conocido por sus siglas como SGE_n o EnMS. Según la norma ISO 50001 en su versión 2011, es el “conjunto de elementos interrelacionados mutuamente o que interactúan para establecer una política y objetivos energéticos, y los procesos y procedimientos necesarios para alcanzar dichos objetivos” (International Organization for

Standardization, (ISO), 2011) y en su versión más reciente “es el sistema de gestión para establecer una política energética, objetivos, metas energéticas, planes de acción y procesos para alcanzar los objetivos y las metas” (International Organization for Standardization, (ISO), 2019). Definición que va de la mano con lo publicado por diversos autores, entre ellos Bonacina et al. (2015) quien lo define como un procedimiento sistemático dirigido a establecer políticas y objetivos energéticos e identificar los procesos y procedimientos necesarios para alcanzarlos.

Y bien, ¿qué ventajas tiene un sistema de gestión de energía? A continuación se presentan algunas de ellas divididas en internas y externas. En cuanto a un enfoque hacia lo interno se puede mencionar una reducción de los costos relacionados a la energía, reducción de gases de efecto invernadero y llegar a tener sustentabilidad energética (Bonacina et al., 2015). Por otra parte, hablando en con miras a lo externo se tiene un aumento de la rentabilidad a través de la reducción de los consumos y costos energéticos, aumento de la competitividad de la empresa, además de una mejora de la imagen pública de la organización al presentarse ante la sociedad como una empresa comprometida responsablemente con la sostenibilidad ambiental (Bonacina et al., 2015).

4.4. Norma ISO 50001

Al tener claro el estado del conocimiento y todo lo relacionado con eficiencia energética y los sistemas de gestión de la energía (SGE, SGEN o EnMS), se puede entrar a discutir el tema de la Norma ISO 50001. La cual, es la norma internacional más común y utilizada en función de establecer un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) que sea certificable (International Dynamic Advisors (Intedya), 2018). Es de destacar y tener en cuenta que toda empresa u organización preocupada con el ahorro energético y el desempeño energético, puede aplicar la ISO 50001 (International Dynamic Advisors (Intedya), 2018).

La norma ISO 50001:2018 “Sistemas de gestión de la energía - requisitos de uso”, en Colombia la NTC-ISO 50001 “Sistemas de Gestión de Energía Requisitos con orientación para su uso” (International Organization for Standardization, (ISO), 2019), “determina un marco de trabajo para la gestión energética en donde busca lograr los

objetivos energéticos trazados por la organización, mediante el establecimiento de políticas, tareas, procedimientos y procesos ligados con la energía” (Pham, 2015). Para ello es necesario que “la organización defina su rendimiento energético deseado y que trabaje hacia la consecución de dichos objetivos”(Fletcher, 2018).

Esta norma se encuentra en su segunda versión, la primera fue publicada en junio de 2011 y en agosto de 2018 se publicó su versión actualizada (Kals, 2015). Entonces, entre las dos versiones se registró un periodo de tiempo de 7 años. De igual que con otras normas ISO, como puede ser la ISO 90001, ISO 14001, ISO 45001 o muchas otras; un sistema de gestión de la energía o sistema de gestión energético basado en la ISO 50001 giran en torno al PHVA, es decir planificar, hacer, verificar y actuar (Fletcher, 2018).

Hay que tener en cuenta la existencia de diversos organismos de certificación. Entonces esta norma internacional se puede utilizar en función de certificar sistemas de gestión de la energía de diversas organizaciones (ISOTools, 2015). Así como una autodeclaración de cumplimiento o sencillamente las organizaciones han llevado a cabo un desarrollo de los procedimientos indispensables y el conocimiento, tipo know-how, para afrontar la gestión energética de manera sistemática y con miras a la mejora continua, con la finalidad de disminuir el impacto ambiental generado por las diferentes actividades de la organización a todo nivel y reducir, como es lógico los costos de la operación (ISOTools, 2015).

Como se ha mencionado anteriormente sistemas de gestión basado en normas ISO, como son sistemas de gestión de calidad, sistemas de gestión ambiental, sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo, sistemas de gestión financiera y sistemas de gestión de riesgo, se pueden integrar fácilmente a esta norma para la gestión de la energía debido a su estructura y enfoque (Pham, 2015).

Es de tener en cuenta que esta norma no está sola, cuenta con toda la familia de normas ISO 50001. Desde que ISO 50001 se publicó por primera vez en 2011, el comité técnico de ISO ISO / TC 301, Gestión y ahorro de energía, ha desarrollado una serie de otras normas relacionadas, para completar la familia de gestión y ahorro de energía (Kals, 2015). Estos incluyen según Kals (2015) los presentes en la siguiente tabla:

Tabla 1*Familia Normas ISO 50001*

Norma	
ISO 50002, Auditorías energéticas	Requisitos con orientación para su uso
ISO 50003, Sistemas de gestión energética	Requisitos para los organismos que realizan auditorías y certificación de sistemas de gestión energética
ISO 50004, Sistemas de gestión de la energía	Orientación para la implementación, el mantenimiento y la mejora de un sistema de gestión de la energía
ISO 50006, Sistemas de gestión de la energía	Medición del rendimiento energético utilizando líneas de base energéticas (EnB) e indicadores de rendimiento energético (EnPI) - Principios generales y orientación
ISO 50007, Servicios energéticos	Directrices para la evaluación y mejora del servicio energético a los usuarios
ISO 50015, Sistemas de gestión de la energía	Medición y verificación del rendimiento energético de las organizaciones. Principios generales y orientación
ISO 50047, Ahorro de energía	Determinación del ahorro de energía en las organizaciones
ISO 17741	Normas técnicas generales para la medición, cálculo y verificación del ahorro energético de proyectos
ISO 17742	Cálculo de ahorro y eficiencia energética para países, regiones y ciudades
ISO 17743	Ahorro de energía: definición de un marco metodológico aplicable al cálculo y la presentación de informes sobre el ahorro de energía
ISO / IEC 13273	Eficiencia energética y fuentes de energía renovables - Terminología internacional común

Nota: La tabla muestra los documentos que hacen parte de la familia de la norma ISO 50001. Tomado de: Kals, J. (2015). ISO 50001 Energy Management Systems (1st ed.). Business Expert Press.

4.4.1 Estructura

La norma ISO 50001 presenta diferentes estructuras dependiendo de la versión consultada. En su versión 2011 solo cuenta con 4 capítulos además de la introducción y los dos anexos, y en el capítulo 4 se encuentran todos los requisitos (International Organization for Standardization, (ISO), 2011). Mientras que, en la última versión, de 2018, se adapta a cumplir con el Anexo SL; es decir, en este caso cuenta con 10 capítulos además de la introducción y los dos anexos, y los requisitos se encuentran en desde el numeral 4 hasta el numeral 10 (International Organization for Standardization, (ISO), 2019). Como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 2

Estructura Norma ISO 50001 versión 2011 y 2018

ISO 50001:2011	ISO 50001:2018
1 Objeto y campo de aplicación	1 Objeto y campo de aplicación
2 Referencias normativas	2 Referencias normativas
3 Términos y definiciones	3 Términos y definiciones
	4 Contexto de la organización
	4.1 Comprensión de la organización y su contexto
4 Requisitos del sistema de gestión de la energía	
4.1 Requisitos generales	4.3 Determinación del alcance del sistema de gestión de la energía 4.4 Sistema de gestión de la energía
4.2 Responsabilidad de la dirección	5.1 Liderazgo y compromiso

4.2.1 Alta dirección	4.3 Determinación del alcance del sistema de gestión de la energía 5.1 liderazgo y compromiso 7.1 Recursos
4.2.2 Representante de la dirección	5.1 Liderazgo y compromiso 5.3 Roles, responsabilidades y autoridades en la organización
4.3 Política energética	5.2 Política energética
4.4 Planificación energética	6 Planificación
4.4.1 Generalidades	6.1 Acciones para abordar los riesgos y las oportunidades
4.4.2 Requisitos legales y otros requisitos	4.2 Comprensión de las necesidades y las expectativas de las partes interesadas
4.4.3 Revisión energética	6.3 Revisión energética
	6.1 Acciones para abordar los riesgos y las oportunidades
4.4.4 Línea de Base energética	6.5 Línea de base energética
4.4.5 Indicadores de desempeño energético	6.4 Indicadores de desempeño energético
4.4.6 Objetivos energéticos, metas energéticas y planas de acción para la gestión de la energía	6.2 Objetivos, metas energéticas y planificación para lograrlos
4.5 Implementación y operación	7 Apoyo 8 Operación
4.5.1 Generalidades	
4.5.2 Competencia, formación y toma de conciencia	7.2 Competencia 7.3 Toma de conciencia
4.5.3 Comunicación	7.4 Comunicación

4.5.4 Documentación	7.5 Información documentada
	7.5.1 Generalidades
	7.5.2 Crear y actualizar
	7.5.3 Control de la información documentada
4.5.5 Control operacional	8.1 Planificación y control operacional
4.5.6 Diseño	8.2 Diseño
4.5.7 Adquisición de servicios de energía, productos, equipos y energía	8.3 Adquisición
4.6 Verificación	9 Evaluación del desempeño
4.6.1 Seguimiento, Medición y análisis	9.1 Seguimiento, medición, análisis y evaluación del desempeño energético y del SGE _n 6.6 Planificación para la recopilación de datos de la energía
4.6.2 Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos	9.1.2 Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos
4.6.3 Auditoría interna del sistema de gestión de la energía	9.2 Auditoría interna
4.6.4 No conformidades, corrección, acción correctiva y acción preventiva	10.1 No conformidades y acción correctiva
4.6.5 Control de los registros	7.5 Información documentada (véase arriba en Documentación)
4.7 Revisión por la dirección	9.3 Revisión por la dirección
	10.2 Mejora continua

ANEXO A (INFORMATIVO) Orientación para el uso de esta Norma Internacional	ANEXO A (Informativo) Orientación para el uso
ANEXO B (Informativo) Correspondencia entre las Normas Internacionales ISO 50001:2011, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 e ISO 22000:2005	ANEXO B (informativo) Correspondencia entre la Norma ISO 50001:2011 y la Norma ISO 50001:2018
Bibliografía	Bibliografía

Nota: La figura representa la diferencia en la estructura según la versión de la Norma ISO 50001. Tomado de: International Organization for Standardization, (ISO). (2019). NTC-ISO 50001: 2018 Sistemas de Gestión de Energía. Requisitos con Orientación para su Uso (2nd ed.). ICONTEC.

Es de tener en cuenta que antes la guía 83 ISO era aquella que brindaba el texto y la estructura de las normas ISO para los diferentes sistemas de gestión; pero fue reemplazada con el anexo SL o estructura de alto nivel (Fletcher, 2018). Lo cual hace que se puede integrar fácilmente esta norma a las demás normas ISO que siguen el anexo SL (International Organization for Standardization, (ISO), 2019).

Para el caso específico de la norma ISO 50001, los primeros numerales entregan un contexto, generalidades o trasfondo a la norma, en donde no se evidencian los requisitos, pero a partir del numeral 4 se empiezan a encontrar los deberes de la misma y, por ende, sus requisitos. Es verdad que por el anexo SL los numerales del 4 al 10 son iguales en todas las normas que lo sigan, la Norma ISO 50001 para sistemas de gestión de la energía, se relaciona específicamente con temas energéticos (daSilva & MilHomens, 2019). Entonces existirán procesos que se implementan, establezcan y mantengan en consecución con una política energética y seguimiento exclusivo de la Norma ISO 50001 (Fletcher, 2018).

4.4.2 Características

Anteriormente en este documento se mencionó que esta norma, tal como las demás normas ISO, siguen el modelo PHVA o PDCA en inglés, conocido como el modelo de Deming, que fundamenta una estructura de mejora continua, y se puede evidenciar y esquematizar como se muestra en la siguiente figura:

Figura 11

Modelo seguido por la Norma ISO 50001



Nota: La figura representa el modelo que sigue la Norma ISO 50001 aplicando el ciclo PHVA. Tomado de: ISOTools. (2015). La Norma ISO 50001:2011 y la Gestión de la Energía (Argentina ed.). Argentina: ISOTools.

El primero y más importante según la filosofía de calidad es el Planificar, o Plan en inglés, el cual se enfoca en comprender el comportamiento de la Organización en temas energéticos, con el fin de establecer los objetivos y controles requeridos que lleven a la organización a la mejora de su desempeño energético (ISOTools, 2015).

A continuación, se trata el Hacer o Do en inglés, en donde se implementan procesos y procedimientos siempre sistematizados y direccionados al incremento del desempeño energético y la eficiencia energética de la organización (ISOTools, 2015).

Después de los dos anteriores se presenta el Verificar o Check, donde se aplica la frase ya bien conocida de que no se puede controlar lo que no se mide. Por ende, se busca generar información de los procesos y procedimientos, mediante la medición, monitoreo y reporte de resultados para posteriormente tomar decisiones (ISOTools, 2015).

Y por último el Actuar o Act, donde se evidencia la mejora continua. Aquí se toman acciones para mejorar el desempeño energético teniendo como insumo o entradas, la información recolectada anteriormente en Verificar (ISOTools, 2015).

Es de vital importancia destacar que el factor más importante para que el modelo anterior, y de la mano los requisitos del sistema de gestión de la energía basado en la norma ISO 50001, funcione, es la responsabilidad de la alta dirección, tal como en otros sistemas de gestión basados en normas ISO (International Dynamic Advisors (Intedya), 2018). Es indispensable que la alta dirección cumpla a cabalidad y de la mejor manera posible con lo establecido en el numeral 5 de liderazgo, asegurando los recursos, definiendo roles y responsabilidades, demostrando su compromiso con el sistema (International Organization for Standardization, (ISO), 2019).

Este compromiso debe ser formalizado mediante el establecimiento de la política energética, en donde se exprese claramente la búsqueda de la mejora continua, incrementar el desempeño energético, contar con los recursos, la revisión y rendición de cuentas, entre otros. Teniendo en cuenta los requisitos legales y otros adicionales que la organización considere necesarios (International Organization for Standardization, (ISO), 2019), para así, como es lógico, se formulen los objetivos.

Siendo coherentes con lo anterior, en el establecimiento de la política y sus objetivos, la organización debe determinar el estado actual y el marco en el cual están inmersos. Para ello debe tener claro cuáles son sus requisitos legales, cuánto es su consumo de energía y a que se debe atener, realizar diagnósticos energéticos con la mente en una optimización energética. Además, y como se trabajará más adelante, el

establecimiento de su línea base de energía EnB y los indicadores energéticos EnPI (ISOTools, 2015).

Lo anterior, enmarcado dentro de lo que se conoce como la planificación energética, para moverse hacia la implementación y operación. Como se menciona en todas las normas ISO, es vital contar con la información documentada necesaria, entre la que se tienen las operaciones, actividades y procesos clave (ISOTools, 2015). Además, se debe asegurar que el personal tenga la competencia necesaria, sea desde la contratación o bien mediante capacitaciones, debe existir una comunicación efectiva y ser consientes según el numeral de toma de conciencia (International Organization for Standarization, (ISO), 2019). De igual manera, el análisis del desempeño energético tras la compra de equipos o el desarrollo de nuevos productos y servicios es fundamental, por el impacto potencial en cuanto al consumo energético (ISOTools, 2015).

Mediante lo establecido en los numeral 9 y 10, en cuanto a seguimiento, medición y mejora; las auditorías internas, tratamiento de no conformidades mediante acciones correctivas y preventivas, el monitoreo, medición y análisis de indicadores, junto con control de información documentada juega un papel imprescindible en la verificación del sistema (International Organization for Standarization, (ISO), 2019). De esta manera se denotan los avances del sistema y mejora en el desempeño de la organización en temas energéticos y permite la comparación con las metas trazadas a partir de los objetivos; y así volver a planificar, siguiendo con el ciclo PHVA (ISOTools, 2015). Lo anterior también puede evidenciarse en la siguiente figura:

Figura 12

Cuadro del ciclo PHVA dentro de la norma ISO 50001

PLAN	DO	CHECK	ACT
Establecimiento del EnMS	Implementación de los planes energéticos	Monitoreo, medición y análisis de los indicadores energéticos	Revisión de la gestión energética
Demostrar compromiso de la alta dirección para la gestión energética	Involucrar a los empleados en la gestión energética	Evaluación de los requerimientos energéticos legales y otros	
Designación de un gerente energético	Comunicación interna y externa	Auditoría interna del sistema de gestión energética	
Definición de la política energética	Documentación y gestión de registros energéticos	Implementación de acciones correctivas y preventivas relacionadas a la energía	
Planeación energética	Control de la operación que afecta el desempeño energético		
Identificación de requisitos energéticos legales y otros	Diseño eficiente energéticamente, renovación de infraestructura, equipos, sistemas y procesos		
Revisión energética	Adquisiciones de eficiencia energética		
Establecimiento de la línea base energética			
Definición de los indicadores de desempeño energético			
Definición de los objetivos, metas y planes de acción energéticos			

Nota: La figura representa las diferentes actividades del Ciclo PHVA para la Norma ISO 50001. Tomado de: Jovanović, B., & Filipović, J. (2016). ISO 50001 standard-based energy management maturity model – proposal and validation in industry. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2744-2755. 10.1016/j.jclepro.2015.10.023

Ahora bien, también es importante realizar una comparación entre esta norma y otras normas ISO de alto estudio y conocimiento, como son la ISO 9001 y la ISO 14001. Comparación que se evidencia en la siguiente figura:

Figura 13

Cuadro comparativo entre ISO 50001, ISO 90001 y ISO 140001

Contenido	ISO 50001	ISO 140001	ISO 9001
Concepto central para establecer las pautas	Basado en el consumo energético de toda la organización o de un proceso de producción particular	Basado en los aspectos ambientales relevantes	Basado en los requerimientos de calidad del cliente
Política	La política energética ilustra la estrategia de la organización para la gestión de la energía. Provee un marco de referencia para configurar los objetivos y meta asociadas para mejorar el desempeño energético	La política ambiental ilustra como la organización maneja los asuntos ambientales, esta comprometida con la protección del medio ambiente y asocia los objetivos y metas	Cumplir los requerimientos de los clientes
Estrategia	Llevar a cabo revisiones energéticas para identificar actividades que usen significativas cantidades de energía, generar la línea base energética e indicadores de desempeño energético Reunir los requerimientos regulatorios relevantes y generar los objetivos y metas energéticas e implementar planes de acción	Reunir los requerimientos regulatorios relevantes y generar los objetivos y metas e implementar planes de acción	Generar los objetivos de calidad, las metas y los planes de gestión de calidad
Línea Base	La línea base energética es el fundamento para establecer el sistema	No existe	No existe

Nota: La figura representa las diferencias entre la Norma ISO 50001, con la ISO 90001 y ISO 140001. Tomado de: TÜV UK. (2015). ISO 50001 (EnMS). TÜV.

Como se puede evidenciar en la figura anterior, la Norma ISO 50001 está más relacionado con la ISO 140001 que con la ISO 9001, debido a su enfoque hacia la eficiencia y no tanto hacia la eficacia. Además, se distingue y resalta el tema de la línea base de la energía como pináculo del sistema, tema del que se hablara más adelante.

4.4.3 Requisitos

La norma ISO 50001 en su versión 2018 y para Colombia la norma NTC-ISO 50001 de 2019, presenta en su contenido un total de 90 cláusulas que han de ser acatadas y cumplidas a cabalidad para la certificación de un sistema de gestión de la energía basado en ISO 50001 (International Organization for Standardization, (ISO), 2019).

Para los requisitos de la norma, se comienza en el numeral 4 de contexto de la organización, en donde se tiene en primera medida el “conocimiento de la organización y su contexto, posteriormente la comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas, luego determinación del alcance y los límites del sistema de gestión de la energía y por último, un numeral específico que se titula sistema de gestión energética” (International Organization for Standardization, (ISO), 2019). Seguido por el numeral 5 de Liderazgo, tratado bastante en el capítulo de características, en donde primero se presenta el liderazgo y compromiso, segundo la Política Energética y tercero los roles, responsabilidades y autoridades en la organización (International Dynamic Advisors (Intedya), 2018).

En el numeral 6 de planificación, se tienen algunas generalidades, luego acciones para abordar Riesgos y Oportunidades, posterior la Revisión Energética, seguido por una sección muy importante: los Indicadores de Rendimiento Energético, la Línea Base Energética está después, más adelante el establecimiento de Objetivos Energéticos y planificación para alcanzarlos y por último, la planificación de la recopilación de datos sobre energía (International Dynamic Advisors (Intedya), 2018).

De este numeral es crucial prestar especial atención al numeral 6.3 de revisión energética. La siguiente figura muestra lo que se debe tener en cuenta:

Figura 14

Representación del numeral 6.3 de la ISO 50001: 2018



Nota: La figura representa la secuencia del numeral 6.3 de Norma ISO 50001. Tomado de: International Dynamic Advisors (Intedy). (2018). ISO 50001:2018 Gestión de la Energía. Intedy.

Así como el numeral 6.5 Línea base energética, donde se ha de establecer un punto de partida con el fin de medir los avances del sistema y los incrementos en el desempeño energético, debe mantenerse actualizada en función de que represente el consumo y utilización de la energía actual de la empresa (International Dynamic Advisors (Intedy), 2018). Así mismo, enmarca el antes y el después del establecimiento, implantación y mantenimiento de acciones planeadas para mejorar el desempeño de la organización en temas energéticos, y por ende puede ser usada para el cálculo de los ahorros de energía (International Dynamic Advisors (Intedy), 2018).

El capítulo 7 de Soporte, en donde es constante para las normas que sigan el anexo SL. Es decir, “Recursos, Competencia, Toma de conciencia, Comunicación Interna y Externa e Información documentada” (International Organization for Standardization, (ISO), 2019).

La operación en el capítulo 8 que tiene que ver con planificación y Control Operacional, Diseño y Adquisiciones. El numeral 9 de la norma, que hace referencia a evaluación del desempeño, con Seguimiento, medición, análisis y evaluación, luego la Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y de otros requisitos, teniendo en cuenta Auditorías internas y fundamental la Revisión por la Dirección. Y por último, el numeral 10 de mejor, que parte del tratamiento de no conformidades y acciones

correctivas, junto con la mejora continua (International Dynamic Advisors (Intedya), 2018).

Ya presentados los requisitos en función de los numerales de la norma, se prosigue a una explicación en un enfoque diferente, hacia la construcción del sistema. Entonces según (Gopalakrishnan et al., 2015) se genera la siguiente información.

Requisitos generales: La norma ISO 50001 requiere que una organización establezca, documente, implemente y mejore continuamente un sistema de gestión de energía. El primer paso en la implementación de un sistema de gestión de energía es definir el alcance y los límites de la organización. Una organización debe considerar el uso de energía en toda la instalación, las oportunidades de eficiencia energética y los recursos de los empleados para respaldar un EnMS (Gopalakrishnan et al., 2015).

Política energética: Una política energética es una declaración realizada por la alta dirección de la organización para mostrar su compromiso con el rendimiento energético continuo. Esta política establece un marco de actuación y fija objetivos y metas energéticos. La política puede constar de unas pocas oraciones en varios párrafos, aunque es preferible que se lea y comprenda fácilmente y que sea coherente con cualquier sistema de gestión existente. También debe ser apropiado a la naturaleza y escala del uso y consumo de energía por parte de la organización y reflejar los objetivos estratégicos de la organización (Gopalakrishnan et al., 2015).

Planificación energética: La planificación energética es el proceso que implica la revisión de las actividades de una organización que afectan el desempeño energético (Gopalakrishnan et al., 2015).

Requisitos legales y otros requisitos: Cada organización debe identificar, implementar y tener acceso a los requisitos legales aplicables y otros requisitos relacionados con el uso y consumo de energía. También deben revisarse en un intervalo predefinido (Gopalakrishnan et al., 2015).

Revisión energética: La norma ISO 50001 requiere que una organización desarrolle una revisión energética que requiere analizar el uso y el consumo de energía basándose en mediciones, identificando áreas de uso significativo de energía e identificando oportunidades para mejorar el desempeño energético. El usuario debe ingresar datos relacionados con el equipo, el uso significativo de energía y las variables

que afectan el uso significativo de energía, el consumo energético futuro estimado y las oportunidades de eficiencia energética (Gopalakrishnan et al., 2015).

Tipo de equipo y planta: Esta sección incluye el perfil del uso de energía en toda la instalación según el tipo de equipo y la ubicación respectiva. El usuario debe ingresar datos sobre todos los equipos y ubicaciones. Esto ayuda a los usuarios a evaluar los equipos que consumen mucha energía (Gopalakrishnan et al., 2015).

Usuario significativo de energía (SEU): Dependiendo del resultado de la sección anterior, el usuario puede identificar y seleccionar los usuarios significativos de energía (SEU). La organización también puede considerar SEU en función de las oportunidades de mejora del rendimiento energético (Gopalakrishnan et al., 2015).

Variables que afectan a los usuarios importantes de energía: Una vez que se determinan los usos significativos de energía, la organización necesita identificar las variables que afectan su desempeño. Estas variables pueden ser la entrada de materia prima, las horas de funcionamiento, el tiempo de inactividad, la temperatura, etc. Una vez que se identifican, la organización debe mantener un registro de todos estos datos (Gopalakrishnan et al., 2015).

Estimación del uso futuro de energía: La estimación del uso futuro de energía puede variar desde un análisis simple hasta uno muy complicado. ISO 50001 no prescribe ninguna medida o precisión específica para la estimación del uso futuro de energía. Por lo tanto, se utiliza una metodología general, que implica pedir a los usuarios un marco de tiempo para referencia futura seguido de una consideración porcentual estimada de los cambios en varios factores que pueden afectar el uso de energía (Gopalakrishnan et al., 2015).

Oportunidades de eficiencia energética: Una vez realizados todos los pasos anteriores, es muy importante que la organización identifique las oportunidades de eficiencia energética, lo que se puede lograr incorporando un equipo de auditoría energética o replicando las mejores prácticas seguidas por otras organizaciones. Estas oportunidades también pueden relacionarse con fuentes potenciales de energía, uso de energía renovable o fuentes de energía alternativas como la recuperación de calor residual (Gopalakrishnan et al., 2015).

Indicador de línea de base energética y rendimiento energético (EnPI): La norma ISO 50001 requiere que la organización establezca una línea de base de energía utilizando la información de la revisión energética inicial. Los cambios en el rendimiento energético se compararían con la línea de base. Además, la organización debe identificar un indicador de desempeño energético que debe ser apropiado en comparación con la línea de base energética (Gopalakrishnan et al., 2015).

Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción de gestión energética: Después de determinar los usos energéticos significativos, las variables que afectan los usos energéticos significativos y las oportunidades de eficiencia energética, la organización debe establecer objetivos, metas y planes de acción energéticos. Los objetivos se desarrollan utilizando las políticas, metas, estrategias y oportunidades identificadas de la organización que deben ser consistentes con la política energética. Un plan de acción es una "lista de tareas pendientes" que debe establecerse para lograr los resultados deseados (objetivos y metas) (Gopalakrishnan et al., 2015).

Implementación y operación: Esta es la parte DO del ciclo y el objetivo principal de esta sección es implementar los resultados obtenidos de la parte PLAN del ciclo. La implementación de los productos de la sección PLAN requiere de empleados competentes, capacitados y conscientes, especialmente aquellos asignados a los usos significativos de energía seguidos por la buena metodología de comunicación establecida en la organización. La organización necesita establecer, implementar, mantener y controlar documentos que contengan información sobre los elementos centrales del SGEEn seguido por el establecimiento de criterios para operar las SEU, permitir que se considere el diseño de eficiencia energética durante la actualización o compra de equipos más nuevos y desarrollar un criterio de adquisición de servicios, productos y equipos energéticos (Gopalakrishnan et al., 2015).

Comunicación: La organización puede requerir un sistema de comunicación para transferir información con respecto a su desempeño energético y sistema de gestión de la energía interna y externamente. El estándar requiere que la organización establezca e implemente una metodología de comunicación que permita a los empleados comentar o sugerir cambios al SGEEn (Gopalakrishnan et al., 2015).

Documentación: El estándar requiere que una organización mantenga información en papel o en formato electrónico que describa los elementos centrales del EnMS. A diferencia de otras normas ISO que dependen en gran medida de la documentación, esta norma requiere solo unos pocos documentos que incluyen el alcance y los límites, la política energética, los objetivos energéticos, las metas y los planes de acción y otros documentos que la organización determina que son necesarios. Estos documentos deben ser controlados, lo que implica mantener una metodología para aprobar, revisar y actualizar documentos, identificar el estado de revisión actual y anterior, garantizar la disponibilidad de los documentos actuales en el punto de uso para evitar el uso de documentos obsoletos, identificación y legibilidad del documento, identificación y control de documentos de origen externo (Gopalakrishnan et al., 2015).

Control operacional: ISO 50001 requiere que una organización opere y mantenga actividades asociadas con usos significativos de energía estableciendo criterios para cada uno de ellos y operando de acuerdo con estos criterios. Este criterio de control debe ser comunicado al personal asignado a estos procesos (Gopalakrishnan et al., 2015).

Adquisición de servicios, productos, equipos y energía de energía: La norma ISO 50001 requiere que una organización considere la eficiencia energética y los controles en el diseño de instalaciones, equipos, sistemas y procesos nuevos, modificados y renovados. Los resultados de este diseño deben tenerse en cuenta al implementar proyectos relevantes. También se requiere que una organización establezca criterios sobre el desempeño energético al comprar servicios, productos o equipos energéticos, y estos criterios deben comunicarse al proveedor (Gopalakrishnan et al., 2015).

Monitoreo, medición y análisis: El estándar ISO 50001 requiere que la organización implemente un sistema de gestión de energía para determinar, monitorear, medir y analizar las características clave que alteran directamente su desempeño energético a intervalos regulares. El estándar requiere que las instalaciones utilicen medidores calibrados para registrar datos y mantener registros de calibración (Gopalakrishnan et al., 2015).

Auditoría interna del SGEN: El estándar requiere que cada organización lleve a cabo una auditoría interna para asegurar que el SGEN: cumple con los requisitos del

estándar; cumple con los objetivos y metas energéticos; se implementa, mantiene y mejora eficazmente el rendimiento energético (Gopalakrishnan et al., 2015).

No conformidades, corrección, acción correctiva y acción preventiva: La norma ISO 50001 requiere que las industrias identifiquen las no conformidades existentes y potenciales y tomen medidas para eliminarlas. Una no conformidad existente es aquella en la que actualmente no se cumple un requisito de la norma. Una no conformidad que puede ocurrir en el futuro si no se toma una acción se denomina no conformidad potencial (Gopalakrishnan et al., 2015).

Control de registros: Como se mencionó anteriormente, ISO 50001 requiere solo muy pocos documentos obligatorios, pero requiere que se mantengan varios registros, dependiendo del tipo y tamaño de la organización. El estándar requiere que la organización defina e implemente controles para la identificación, recuperación y retención de registros (Gopalakrishnan et al., 2015).

4.4.4 Implementación

En cuanto a la implementación de un sistema de gestión de la energía basado en la norma ISO 50001, se presentan los siguientes consejos y/o factores de éxito según Fletcher (2018). Primero, se debe tener un sistema de gestión efectivo que asegure el compromiso de la gerencia con el establecimiento, implementación y mejora continua. Segundo, entender los macroproblemas a partir del uso del contexto. Tercero, integrar el sistema de gestión de la energía a los procesos de modo que no sea negativo sino una victoria en cada uno de ellos. Cuarto, se debe brindar el tiempo y personal necesario, que todo no sea llevado a cabo por una sola persona, sino que sea el esfuerzo conjunto de varios. Quinto, es fundamental comenzar con lo más fácil, la recolección de información e ir avanzando con paso firme. Sexto, debe hacerse parte de la cultura de la organización, por tanto, se deben enseñar, promover e integrar a todos los niveles. Séptimo, tener en claro y exponer los beneficios comerciales aparte del ahorro energético. Octavo, hacer fácilmente visibles y accesibles los datos y resultados del sistema. Noveno, utilizar la revisión por la dirección para brindar una dirección estratégica (Fletcher, 2018).

En función de lo anterior es importante realizar los siguientes pasos, con el fin de que esta sea exitosa según (Fletcher, 2018):

Primero, se debe crear conciencia: la organización debe concientizar acerca de los diferentes requisitos y estándares que abarca el sistema de gestión de la energía. Para ello es fundamental la realización de sesiones de capacitación independientes para cada nivel de la gerencia, esto con el fin de obtener un ambiente positivo y dispuesto a la implementación del sistema (Pham, 2015).

En segundo lugar, se debe crear una política integrada de calidad y gestión energética, junto con objetivos importantes y enfocados al cumplimiento de los requisitos del sistema. Para delinear los objetivos es imprescindible trabajar con la alta dirección y con personal de todos los niveles mediante talleres (Fletcher, 2018).

A continuación, en tercer lugar, se debe realizar un análisis interno de deficiencias, en donde las operaciones, actividades y procesos deben ser entendidas por todo el personal clave, desde la percepción de cómo afecta al nuevo sistema y tener, como es lógico un mapa de procesos claro. Entonces al realizar una comparación frente a los requisitos de la norma, se determina el nivel de cumplimiento del sistema (Fletcher, 2018).

Como cuarto paso, referente al diseño, la empresa u organización debe crear la documentación según se establezca en los requisitos de la norma, desde el numeral 4 hasta el 10. Por ende, la redacción de documentos de terminología, manuales, instructivos y procedimientos tanto funcionales como del sistema es ineludible (Fletcher, 2018).

Para el quinto paso, entrando en el proceso de implementación como tal, todos los documentos generados en el paso anterior deben implantarse a lo largo de la organización, englobando todas las tareas, actividades y procesos. Además, es necesario que la organización lleve a cabo talleres, capacitaciones y demás acciones según corresponda según los requisitos de la norma ISO 50001 (Fletcher, 2018).

En el sexto paso, se busca establecer un sistema de auditoría interna ya que es fundamental para cualquier empresa y un requisito como tal, el numeral 9.2 de la norma. Con el fin de llevar a cabo el Verificar del PHVA y así poder generar el proceso de mejora continua, mediante acciones correctivas a los documentos auditados, mitigando

deficiencias y asegurando la eficacia del sistema de gestión de la energía (International Organization for Standardization, (ISO), 2019).

Luego, en el séptimo paso, se debe establecer la revisión del sistema por parte de la alta dirección de la organización, en donde la parte de liderazgo, política y objetivos, es reevaluada. Así mismo el contexto tanto interno como externo de la organización; los resultados de quejas y reclamos, auditorías internas y externas, actividades de verificación, evaluación a los proveedores, análisis de riesgos y oportunidades y cumplimiento de los requisitos legales han de ser revisados. Así mismo, han de ser evaluadas las necesidades de cambios en el sistema de gestión de energía y la generación de nuevos planes (Fletcher, 2018).

Como paso octavo, se debe realizar una evaluación del cumplimiento y la efectividad de la implementación del sistema de gestión de la energía en la organización, mediante un análisis de deficiencias al sistema (Fletcher, 2018).

Para el paso noveno, con base en los resultados de la evaluación anterior se deben llevar a cabo todas las acciones correctivas de las no conformidades identificadas (Fletcher, 2018). Y por último el décimo paso, una vez preparada la organización mediante los pasos ocho y nueve, se procede a la auditoría de certificación final, a fin de que la organización este certificada bajo la norma ISO 50001 (Fletcher, 2018).

4.4.5 Importancia

Por último, es vital tratar el tema de la importancia de implementar esta norma. Como es lógico, su relevancia pasa por los beneficios que ella aporte a la organización. Entonces, aparte de las ventajas intrínsecas de contar con un sistema de gestión enfocado en procesos y que aplica el ciclo PHVA, la implementación de un sistema de gestión de la energía basado en la norma ISO 50001 brinda sus propios beneficios (Fletcher, 2018).

Contar con un sistema de gestión de la energía que funciona de manera adecuada, es efectivo y está enlazado con los objetivos, principios y razón de ser de la organización, genera una visión de la manera como se utiliza la energía y en qué sectores, áreas o procesos dentro de la organización se puede mejorar el desempeño

energético (Pham, 2015). El sistema lleva a la consecución de una mejora continua en el manejo de la energía, mediante la implementación de planes de acción que atacan esas oportunidades de ahorro y eficiencia energética. Partiendo de una política sólida, clara y relevante, pasando por conocimiento de los procesos y el establecimiento de procedimientos para llegar a tomar decisiones y ejecutando esas acciones estipuladas en los planes (Fletcher, 2018).

En cuanto a reducción de costos, un sistema de gestión de la energía basado en la norma ISO 50001 permite la reducción del consumo energético, que se identifica en un ahorro de energía. Obviamente, se traducirá en una disminución del monto a pagar de las facturas energéticas y si su empresa genera su propia energía, se verá reflejado en una reducción de los costos por el insumo que se utiliza para la generación de energía; es decir que disminuye los costos variables de una organización a nivel general (Fletcher, 2018). Es muy importante resaltar que en muchos casos los costos iniciales por la implementación de la norma son iguales o menores al capital ahorrado debido al sistema en su primer año (Pham, 2015).

Como se hace explícito en párrafos anteriores y como se explicó en el capítulo de eficiencia energética, la disminución de costos y la disminución del consumo energético son proporcionales, casi directamente; si el uno aumenta el otro igual. Mediante el establecimiento, la implementación, el mantenimiento y la mejora continua de un sistema de gestión de la energía, la empresa u organización podrá aprovechar no únicamente las oportunidades iniciales de ahorro energético; también tendrá la capacidad de establecer y gestionar el cómo, cuándo y dónde se utiliza la energía para que de esta manera se identifiquen oportunidades de mejora y la eficiencia energética de la organización siga creciendo (Fletcher, 2018).

En el ámbito ambiental, el enfoque o un objetivo fundamental de la norma ISO 50001 no es la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, y por lo tanto la huella de carbono; es de destacar que cualquier disminución en el consumo energético traerá consigo una baja en la huella de carbono (Fletcher, 2018). Quizás no se logre evidenciar tan fácilmente pero también se atribuye una reducción de costos, ya que la nueva tendencia ambiental y robustez en la normativa relacionada, puede implicar

una multa o sanción a las organizaciones por cantidad de emisiones generadas, dinero que el sistema de gestión de energía está ahorrando (Malinauskaite et al., 2020).

Desde el enfoque del compromiso organizacional. Partiendo del principio de liderazgo, la norma ISO 50001 exige y garantiza que las principales partes interesadas participen activamente en la consecución de los objetivos y metas energéticas, para ello la alta dirección debe comprender y aplicar el sistema. Además, como la norma busca que ese compromiso baje y se difunda a cada miembro de la organización, genera en estos una visión estructurada de cómo gestionar su consumo energético (Fletcher, 2018).

Permite un análisis comparativo. La norma ISO 50001 exige la generación y establecimiento de la línea base de energía, de la que se profundizará más adelante, esta permite tener una trazabilidad en el tiempo de comportamiento del consumo y eficiencia energética de una organización. Por lo tanto, da la posibilidad de comparar el desempeño energético y el comportamiento en diferentes periodos (Fletcher, 2018).

El cumplimiento regulatorio también está incluido. Debido a los numerales de la norma que piden la determinación de los requisitos legales aplicables, el sistema de gestión de la energía garantiza que la organización está alineada con la normatividad legal vigente, en temas energéticos (Fletcher, 2018).

También es una ventaja desde la reputación. Demostrar a los clientes y partes interesadas que la organización está totalmente comprometida con la mejora de la eficiencia energética, genera una imagen positiva en ellos y por ende, una ventaja competitiva intangible pero muy valiosa frente a otras organizaciones del sector. Además, teniendo en cuenta el valor del visto bueno en una certificación, el simple hecho de poder decir que la empresa está certificada, genera un plus e impacto en el cliente (Fletcher, 2018).

Y dentro del marco comercial. Se está dando la tendencia que el sector público exija que las empresas que contrata estén certificados y acreditados en gestión de la energía bajo la norma ISO 50001, siendo este uno de los criterios para que pueden conseguir así la licitación (Fletcher, 2018).

Según (Pham, 2015) existen diversos beneficios por la adopción e implementación de la norma ISO 50001. Estos beneficios pueden ser enmarcados en 5 categorías mostradas en la siguiente figura:

Figura 15

Beneficios de la Norma ISO 50001



Nota: La figura representa los beneficios en 5 ámbitos de la Norma ISO 50001. Tomado de: Pham, T. H. H. (2015). Energy management systems and market value: Is there a link? *Economic Modelling*, 46, 70-78. 10.1016/j.econmod.2014.12.038

Además, según da Silva y Mil-Homens (2019), la norma ISO 50001: 2011 tiene lagunas en términos de gestión energética para el desarrollo sostenible. Según constata el trabajo de diversos autores, “la eficiencia energética aporta al desarrollo sostenible, siendo una medida importante para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector industrial, relacionando el menor costo económico” (daSilva & MilHomens, 2019).

Por otra parte, si tenemos en cuenta lo propuesto por TÜV (2015), ISO 50001 puede proporcionar a las organizaciones una serie de beneficios comerciales. Estas

incluyen (TÜV UK, 2015): ayudar a conseguir la disminución del consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero de manera sistemática; crear un panorama claro del estado actual del consumo energético, sobre la base de la cual se pueden establecer nuevos objetivos y metas; analizar y evaluar la necesidad de implementar nuevas estrategias, tecnologías y medidas de eficiencia energética; brindar un marco de referencia que promueva la eficiencia energética y la mejora en el desempeño energético a lo largo de toda la cadena de suministro y utilizar de mejor manera los equipos que utilizan energía, aprovechando oportunidades para la reducción de costos por mantenimientos (TÜV UK, 2015).

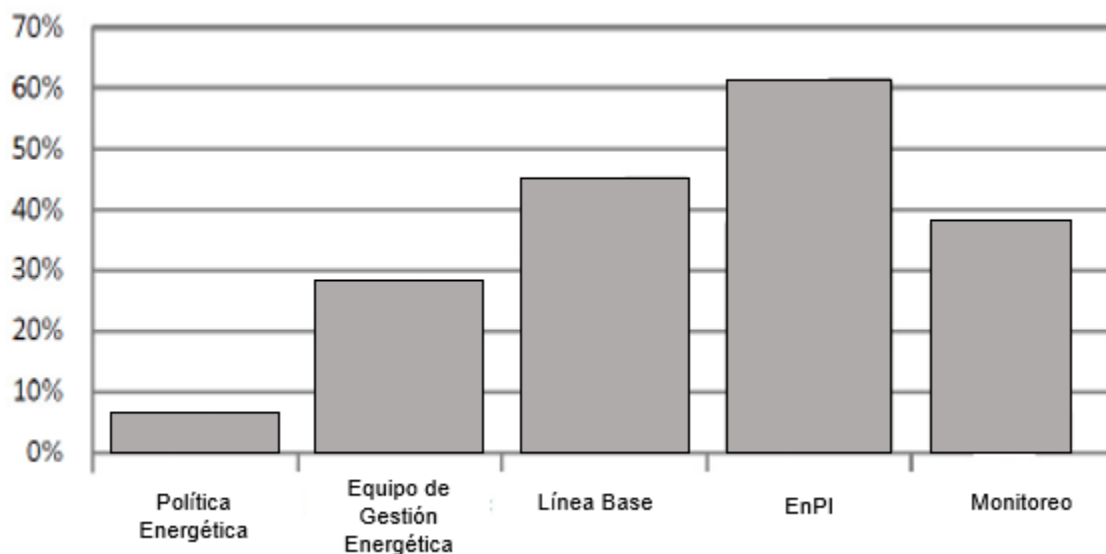
5. INDICADORES PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Al tener claridad en todos los conceptos anteriores, se presenta la esencia de esta norma ISO 50001, todo lo relacionado a la eficiencia energética desde los indicadores de desempeño energético, conocidos como EnPI o IDEn y la línea base energética, la EnB.

La razón del análisis y estudio de estos dos temas radica en la figura presentada a continuación.

Figura 16

Factores importantes en un sistema de gestión de la energía



Nota: La figura representa los factores más importantes a tener en cuenta en un EnMS. Tomado de: Bonacina, F., Corsini, A., De Propris, L., Marchegiani, A., & Mori, F. (2015). Industrial Energy Management Systems in Italy: State of the Art and Perspective. Energy Procedia, 82, 562-569. 10.1016/j.egypro.2015.11.871

La figura representa los factores más importantes dentro de un sistema de gestión energética. Como es posible apreciar, entre los primeros tres se encuentran los indicadores EnPI, la línea base y el monitoreo. Esto implica que es de crucial importancia atacarlos y entenderlos de manera satisfactoria para el éxito de un EnMS. Eso será presentado a continuación.

5.1. Indicadores de desempeño energético - IDEns

Después de haber aclarado el concepto de eficiencia energética tratado en capítulos anteriores. Para este apartado es necesario traer a colación otras definiciones que permitan dar claridad total a lo que son los indicadores de desempeño energético IDEns o EnPIs. Entre ellas la definición de Indicador, que “es una comparación entre dos o más tipos de datos que sirve para elaborar una medida cuantitativa o una observación cualitativa. Esta comparación arroja un valor, una magnitud o un criterio, que tiene significado para quien lo analiza”(Valderrama Ramírez, 2018). La definición de desempeño energético, que según la norma “son resultados medibles relacionados con eficiencia energética, uso de la energía y su consumo” (International Organization for Standardization, (ISO), 2019).

Entonces qué es un indicador de desempeño energético. Un EnPI es un valor cuantitativo o medida del desempeño energético que es definido por la organización, puede ser expresado como una simple métrica, una proporción o como un modelo mucho más complejo (International Organization for Standardization, (ISO), 2014).

Comúnmente se pueden encontrar y evidenciar indicadores que establecen entre dos equipos, procesos, sectores, entre otros, cual es más eficiente energéticamente hablando. Entre los muchos ejemplos se pueden mencionar los siguientes: si se tiene un carro que rinde 58 km por galón de combustible y otro que rinde 40 km por galón de combustible, el más eficiente energéticamente es el que rinde 58 km por galón y su eficiencia energética esta medida en función de la cantidad de combustible consumida para recorrer una distancia determinada; el consumo de energía de su hogar fue de 50kWh este mes y el anterior fue de 70kWh, el mes actual fue más eficiente energéticamente medido en unidades de kWh; un país X se consume en promedio 8MWh para la producción de una tonelada de determinado producto y un país Z consume 5MWh para lo mismo, entonces el país Z presenta una mayor eficiencia energética (International Energy Agency, 2016).

Como cualquier tipo de indicadores utilizados para medir el desempeño de los sistemas de gestión pueden ser muy generales o muy específicos, lo importante es que ayuden al seguimiento y la medición de manera efectiva. Generalmente, este tipo de

indicadores está determinado por una relación de cuanta energía se consume por cantidad de producto o actividad desarrollada. Ese consumo puede estar dado en una gran variedad de unidades “kWh, julios, toneladas equivalentes al petróleo, etc” según (International Energy Agency, 2016). Y el denominador en producción de metanol, cantidad de empleados, kilómetros recorridos, etc. (International Energy Agency, 2016). La figura siguiente es la referencia general o típica de cómo se formulan los indicadores de eficiencia energética o de desempeño energético EnPI, EPI o IDEn.

Figura 17

Expresión típica para formulación de EnPI

$$\text{Indicador de eficiencia energética} = \frac{\text{Consumo energético}}{\text{Datos de las actividades}}$$

Nota: La figura representa la formula típica para la creación de indicadores de desempeño energético. Tomado de: International Energy Agency (IEA). (2016). Indicadores de Eficiencia Energética: Fundamentos Estadísticos. 9 rue de la Fédération.

Ahora bien, dentro del sistema de gestión de la energía basado en la ISO 50001, cómo se trabajan esos indicadores. En primer lugar, se deben definir estos indicadores de desempeño energético (Velázquez et al., 2013). Como se explicó anteriormente los EPI generalmente se refiere a consumos específicos y puede combinar fuentes de energía asociadas con un proceso en particular (Velázquez et al., 2013). Sin embargo, en algunos procesos, el uso de fuentes de energía puede no estar estrechamente relacionado, y el EPI individual para cada fuente puede proporcionar una imagen más clara del rendimiento (Velázquez et al., 2013). De todos modos, no existe un Indicador de desempeño energético que se pueda aplicar en todas las situaciones y los indicadores adecuados deben definirse caso por caso (Díaz et al., 2018). A pesar de lo anterior, a continuación se presenta una figura con varios ejemplos de indicadores según Kanneganti et al. (2017):

Figura 18

Ejemplos de Indicadores de Desempeño Energético

Type	Output, units	Energy Input, units	EnPI
Plant	Mass: lb., ton	Btu	Btu/lb, Btu/ton
	Units produced: autos, widgets	Btu	Btu/widget
	Clients served: customers	Btu	Btu/customer
	Mass: lb., ton	kWh	kWh/lb, kWh/ton
	Units produced: autos, widgets	kWh	kWh/widget
	Clients served: customers	kWh	kWh/customer
Production line	Mass: lb., ton from line	Btu input to line	Btu/lb, Btu/ton for line
	Units produced: autos, widgets on line	Btu input to line	Btu/widget for line
	Clients served: customers on line	Btu input to line	Btu/customer for line
	Mass: lb., ton from line	kWh input to line	kWh/lb, kWh/ton for line
	Units produced: autos, widgets on line	kWh input to line	kWh/widget for line
	Clients served: customers on line	kWh input to line	kWh/customer for line
Process	Mass: lb., ton through process	Btu input to process	Btu/lb, Btu/ton for process
	Units produced: autos, widgets in process	Btu input to process	Btu/widget for process
	Clients served: customers in process	Btu input to process	Btu/customer for process
	Mass: lb., ton through process	kWh input to line	kWh/lb, kWh/ton for process
	Units produced: autos, widgets in process	kWh input to line	kWh/widget for process
	Clients served: customers in process	kWh input to line	kWh/customer for process

Nota: La figura representa algunos ejemplos de EnPI en base al tipo de escala, si es proceso, planta o línea de producción. Tomado de: Kanneganti, H., Gopalakrishnan, B., Crowe, E., Al-Shebeeb, O., Yelamanchi, T., Nimbarte, A., Currie, K., & Abolhassani, A. (2017). Specification of energy assessment methodologies to satisfy ISO 50001 energy management standard. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 23(C), 121-135. 10.1016/j.seta.2017.09.003

Una vez que se ha definido el EPI, se debe establecer un objetivo para cada EPI (Velázquez et al., 2013). Para garantizar un seguimiento preciso del EPI con una mejora operativa continua, proponemos establecer objetivos utilizando las mejores prácticas (Velázquez et al., 2013). Un objetivo de mejores prácticas identifica lo que podría lograr un proceso o una planta si se operara mejor de acuerdo con las condiciones reales (Velázquez et al., 2013). Estos objetivos se pueden establecer a través del mejor valor del EPI que el proceso haya logrado en el pasado (Díaz et al., 2018).

Entonces cabe dejar claro que es un Objetivo energético o Energy Target. A diferencia de un indicador de desempeño energético, que como se ha visto, se relacionan como índices cuantitativos para evaluar, monitorear y medir el desempeño energético. Los objetivos energéticos son objetivos detallados de rendimiento energético que deben alcanzarse (Díaz et al., 2018).

Además de establecer objetivos para la mejora operativa continua, el sistema de gestión de la energía debe mostrar claramente que las acciones tomadas para reducir el uso de energía han tenido éxito para justificar la inversión en curso, validar las decisiones

de ahorro de energía y demostrar que se han logrado mejoras (Velázquez et al., 2013). Sin embargo, los ahorros de energía no pueden medirse directamente, sino que deben calcularse a partir de una comparación de la línea de base de energía con el consumo de energía posterior a la implementación (Díaz et al., 2018).

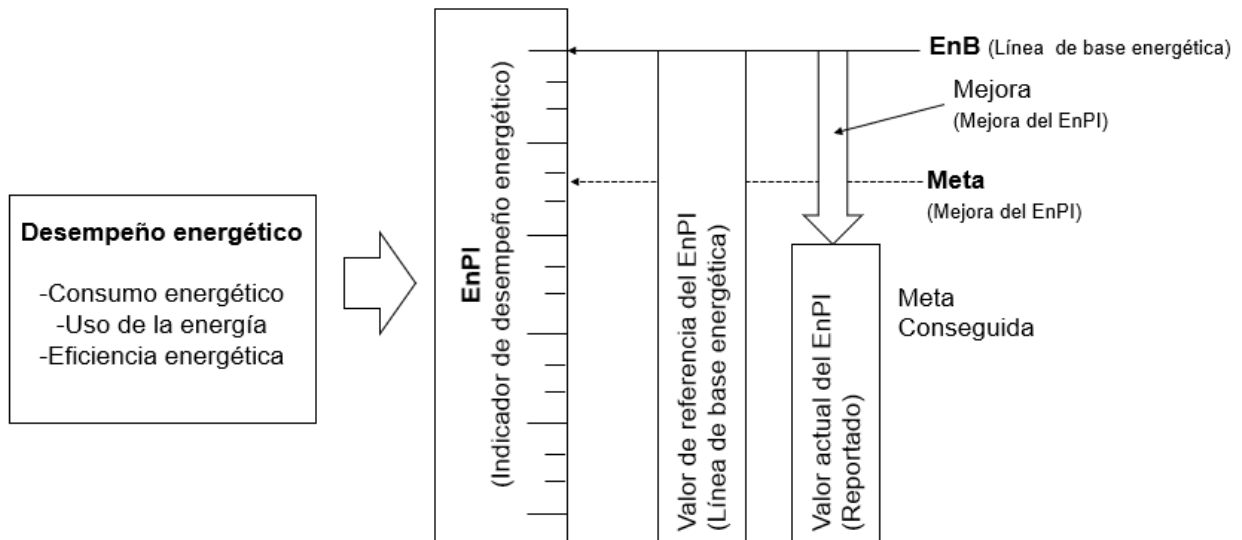
5.2. Línea Base de la Energía

En cuanto a la línea base energética, conocida en inglés como EnB por Energy Baseline; se comienza como es común dentro de este trabajo con el ¿Qué es? Según la norma ISO 50006, la decisión de la línea base energética es “referencia cuantitativa que provee una base para comparaciones de desempeño energético” (International Organization for Standardization, (ISO), 2014). Esta refleja un periodo específico de tiempo y puede ser normalizada usando variables que afectan el uso de la energía y/o su consumo, como por ejemplo: nivel de producción, temperatura y demás (International Organization for Standardization, (ISO), 2014).

Entonces la línea base energética, EnB es un referente que caracteriza y cuantifica el desempeño energético de una organización durante un periodo específico de tiempo. La EnB permite a la organización evaluar cambios en el desempeño energético entre periodos seleccionados. La línea base de la energía también “es usada para calcular los ahorros energéticos y como un referente antes y después de implementar acciones de mejora del desempeño energético” (International Organization for Standardization, (ISO), 2014).

Figura 19

Diagrama de EnPI y EnB



Nota: La figura representa el funcionamiento de la línea base de la energía, mediante la utilización de los indicadores de desempeño energético. Tomado de: International Organization for Standardization, (ISO). (2014). ISO 50006:2014 Energy management systems - Measuring energy performance using energy baseline (EnB) and Energy performance indicators (EnPI) - General principles and guidance (1st ed.). ISO.

La figura anterior es la base de funcionamiento de un sistema de gestión energética basado en la norma ISO 50001. Entonces se procede a su explicación detallada. Al haber entendido el concepto de Indicador de desempeño energético EnPI, se evalúa el estado actual del sistema de mediante ellos, tomando como datos la fuente de información disponible y relevante. Con los valores resultantes para los indicadores ya determinados, se utilizan como entrada para generar la línea base de energía EnB. Se establecen también las metas o energy target de cada indicador. Posteriormente, se realiza un análisis para identificar donde atacar, se generan planes de acción y se ejecutan. Después de la implementación y mantenimiento, los resultados de la medición de los indicadores deberán encontrarse entre la línea basa y la meta, denotándose que la reducción entre la línea base y el resultado actual del indicador es el tan valorado ahorro (International Organization for Standardization, (ISO), 2014). Si el valor actual es menor que la meta, eso significa que el sistema fue extremadamente eficaz y hay que plantear una nueva meta más ambiciosa; pero si, por el contrario, el valor actual del EnPI

es mayor o es muy cercano a la línea base, la acción planteada no fue eficaz y es necesario replantearla (Velázquez et al., 2013).

Si la línea de base energética es el consumo de energía que se habría producido si no se hubieran tomado medidas directas para influir en el consumo de energía y debe definirse antes de implementar cualquier proyecto de eficiencia energética, entonces como se determina si es para un tiempo futuro en el cual no se tendrán datos que la representen. La respuesta es mediante Modelos Predictivos, que permitan mediante el análisis del comportamiento histórico de las variables; entregar valores futuros, con alto grado de certeza, que reflejaran el comportamiento de las mismas variables en determinado momento del tiempo (Díaz et al., 2018).

Los modelos a partir de técnicas matemáticas son los más utilizados en la literatura existente. Estos modelos se obtienen a partir de datos de simulación o datos medidos y son modelos puramente matemáticos. En este sentido, existen numerosas técnicas, por ejemplo, modelos de regresión de punto de cambio; Modelos de regresión de procesos gaussianos; Modelos de regresión de mezcla gaussiana; modelos de redes neuronales artificiales; modelo de regresión lineal y agrupamiento y modelo de regresión de vectores de soporte. Estos modelos destacan por la sencillez de su aplicación, pero requieren una gran cantidad de datos de entrada para conseguir un buen ajuste en los resultados, siempre con el fin de establecer una línea de base basada en condiciones reales para obtener ahorros de energía confiables (Díaz et al., 2018).

Para finalizar esta sección es necesario entender de qué manera se utiliza la línea base energética, Energy Baseline o EnB, dentro del marco de la Norma ISO 50001. Entonces la cadena que conforma la medición y verificación del ahorro, cuyo fundamento es la EnB se puede resumir en cuatro etapas: la primera de ellas, medir la situación de partida para su caracterización energética, es decir crear o modelar la línea base de energía; la segunda etapa, evaluar las distintas alternativas de ahorro y eficiencia energética para elegir el proyecto óptimo; tercera etapa, implementar el proyecto y medir la nueva situación energética del edificio; y por último la cuarta etapa, asegurar ahorros económicos / energéticos comparando los datos medidos en la etapa 3 con la situación de referencia (Díaz et al., 2018). Es de observar que la línea de base debe indicar cuál

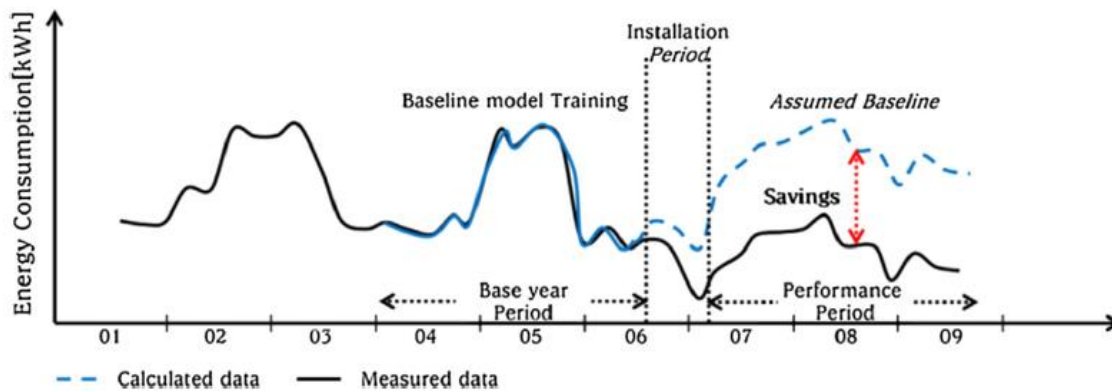
habría sido el consumo de la situación de línea de base bajo las condiciones de uso y operación de la nueva situación mejorada (Díaz et al., 2018).

5.3. Efecto de los IDEns

Con la explicación de los indicadores de desempeño energético y la línea base de la energía, se pueden intuir los efectos, valor e importancia de ellos en un sistema de gestión de la energía, en la propia norma ISO 50001 y claramente, en las organizaciones que la implementen. Se puede decir que los IDEns son los principales indicadores que demuestran el efecto de la implementación de la norma sobre parámetros de eficiencia energética. Debido a que son la materia prima para la creación de la línea base de la energía, siendo ella el pilar para el seguimiento, medición y la mejora continua de la organización en este marco. La siguiente figura representa gráficamente lo anteriormente propuesto.

Figura 20

Concepto de Energy Baseline



Nota: La figura representa el funcionamiento de la EnB en función de los periodos de tiempo y los ahorros. Tomado de: Díaz, J. A., Ramos, J. S., Delgado, M. C. G., García, D. H., Montoya, F. G., & Domínguez, S. Á. (2018). A daily baseline model based on transfer functions for the verification of energy saving. A case study of the administration room at the Palacio de la Madraza, Granada. Applied Energy, 224, 538-549. 10.1016/j.apenergy.2018.04.060

Es de destacar dentro de la figura, el comportamiento y el ajuste que se le lleva a cabo al modelo predictivo, para que se ajuste al comportamiento real de los datos en el tiempo pasado y pueda generar un comportamiento futuro confiable. En la figura también cabe resaltar la aplicación del método propuesto en el capítulo pasado, donde gracias a la línea base se identifica un proceso, zona, equipo, actividad que pueda ser objeto de mejora en eficiencia energética. Se llevan a cabo los planes de acción y se implementan, observado en el Installation Period como se le menciona en la gráfica. Y posteriormente, los resultados de las mediciones de los indicadores, muestran su mejoría con respecto a lo que se esperaba de ellos (Díaz et al., 2018). Esa se le expresa como la fase de verificación del sistema o el Check, el EPI debe medirse y monitorearse regularmente con respecto a los objetivos y la línea de base para evaluar los ahorros de energía registrados y reportados. Los ahorros de energía logrados se calculan comparando la línea de base con el rendimiento actual, mientras que los ahorros potenciales son la diferencia entre los consumos de energía de línea de base y objetivo. Entonces, el índice de eficiencia podría ser una medida del éxito en el logro de posibles ahorros de energía (Díaz et al., 2018). Como se muestra en la siguiente figura:

Figura 21

Expresiones básicas para el cálculo del ahorro energético

$$\text{Ahorros Conseguidos} = \text{Consumo de la Línea Base} \\ - \text{Consumo Real}$$

$$\text{Ahorros Potenciales} = \text{Consumos de Línea Base} \\ - \text{Meta de Consumo}$$

$$\text{Proporción de Eficiencia} = \frac{\text{Ahorros Conseguidos}}{\text{Ahorros Potenciales}}$$

Nota: La figura representa la manera de determinar los ahorros conseguidos, potenciales y la eficiencia en cuanto a la consecución de los ahorros esperados. Tomado de: Velázquez, D., González-Falcón, R., Pérez-Lombard, L., Marina Gallego, L., Monedero, I., & Biscarri, F. (2013). Development of an energy management system for a naphtha reforming plant: A data mining approach. Energy Conversion and Management, 67, 217-225. 10.1016/j.enconman.2012.11.016

Esa diferencia, ahorro, se traduce a mayor eficiencia energética; y por ende se le atribuyen todos los beneficios y ventajas explicadas anteriormente en el capítulo de la importancia de la Norma ISO 50001.

6. CASOS DE ESTUDIO

Como capítulo final a este trabajo y teniendo claridad con lo relacionado a la norma ISO 50001 y a los indicadores, se procede a realizar un análisis de varios casos de estudio. En donde se busca encontrar evidencias reales y objetivas, del impacto que un sistema de gestión de la energía basado en la Norma ISO 50001 ha tenido en las organizaciones.

6.1. Descripción de Casos de Estudio

A continuación, se presentan una serie de casos de estudio de diferentes ciudades y países alrededor del mundo. En donde, se busca evidenciar el efecto que la implementación de un sistema de gestión de la energía tuvo en sus organizaciones.

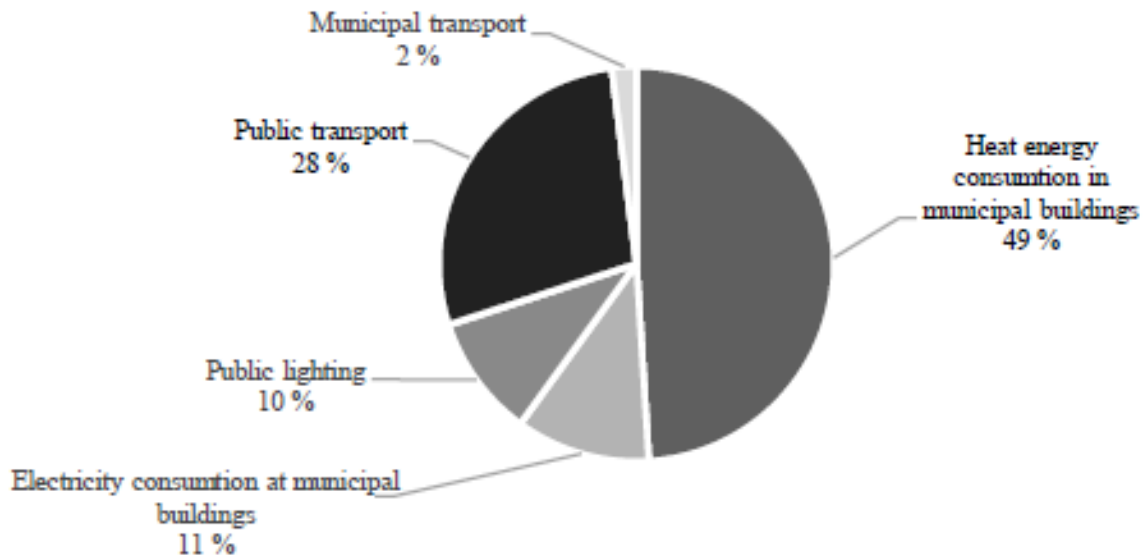
6.1.1 Letonia

Este caso de estudio fue llevado a cabo por Jekabsone et al. (2020), titulado "Implementation of Certified Energy Management System in Municipality. Case Study". En donde, se propone que debido a que la Unión Europea ha tomado el rumbo de convertirse en climáticamente neutra para 2050. Para alcanzar ese objetivo son necesarios cambios significativos en todos los sectores, lo que resultará en una creciente presión regulatoria sobre los productores de energía, consumidores y otros sectores.

El aumento de los requisitos legales fue también una de las razones por las que la ciudad de Daugavpils (población de 82.000) tomó la decisión de implementar un sistema de gestión de energía (EnMS). En los límites de EnMS, Daugavpils incluyó más de 100 edificios públicos, transporte público y alumbrado público (Jekabsone et al., 2020). El consumo energético de la ciudad estaba distribuido de la siguiente manera en el año de 2015:

Figura 22

Distribución del Consumo Energético en Daugavpils

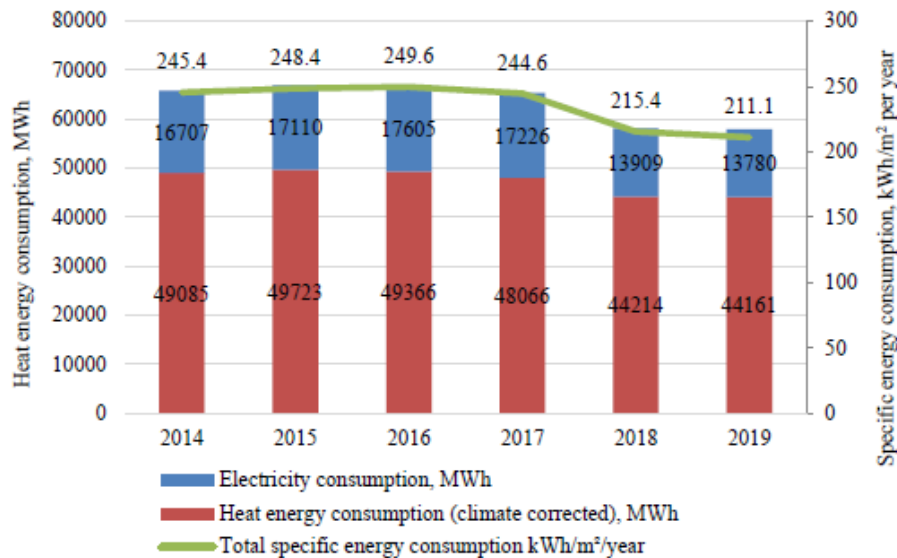


Nota: La figura representa la distribución del consumo de la energía de la ciudad de Daugavpils. Tomado de: Jekabsone, A., Kamenders, A., & Rosa, M. (2020). Implementation of Certified Energy Management System in Municipality. Case Study. Environmental and Climate Technologies, 24(2), 41-56. 10.2478/rtuct-2020-0053

Donde se observa que el mayor consumo energético se da para calentamiento de los edificios. Este artículo de investigación presenta los siguientes resultados de la implementación del EnMS y también evalúa los beneficios que la ciudad de Daugavpils ha obtenido del EnMS basado en la Norma ISO 50001 (Jekabsone et al., 2020). Primero que todo, se vio una reducción del consumo energético como se muestra en la siguiente figura:

Figura 23

Consumo energético de la ciudad en el tiempo.



Nota: La figura representa una gráfica del comportamiento del consumo energético de electricidad, calentamiento y el total, desde 2014 hasta 2019. Tomado de: Jekabsone, A., Kamenders, A., & Rosa, M. (2020). Implementation of Certified Energy Management System in Municipality. Case Study. Environmental and Climate Technologies, 24(2), 41-56. 10.2478/rtuect-2020-0053

Otro impacto se vio en la reducción de costos asociados, dado que cada año, el municipio de Daugavpils gasta entre 5,5 y 6 millones de euros en energía en edificios públicos (calefacción y electricidad). En 2019 debido al ahorro de energía, los costos de energía se redujeron en un 8% en comparación con 2016, cuando se implementó EnMS. Esto se logró a pesar de que los costos de la electricidad aumentaron durante estos años. Además, es de resaltar que la implementación del EnMS y la certificación del sistema ha costado aproximadamente 12 mil euros. Las inversiones se pagaron en menos de un año (Jekabsone et al., 2020).

En el caso de Daugavpils, los impulsores más significativos fueron dos, uno fue que la administración del municipio reconoció que las medidas de eficiencia energética no alcanzan los resultados esperados. El otro factor fue los requisitos legislativos que entraron en vigor poco antes de que el municipio implementara el EnMS. Daugavpils ha logrado reducir el consumo de energía térmica en un 12% en comparación con 2016 en el sector de la construcción. Más importante aún, el municipio ha comenzado a utilizar

datos para la toma de decisiones (Jekabsone et al., 2020). Según el SECAP, Sustainable Energy and Climate Action Plan, uno de los objetivos para 2020 era reducir el consumo de energía térmica en los edificios públicos en un 10%, en comparación con 2014, y este objetivo ya se alcanzó en 2019 alcanzando una reducción del 11% (comparando 2016 con 2019, la reducción es del 12%).

También se han recopilado datos reales para el alumbrado público y el transporte. En cuanto a los factores más importantes de éxito; uno de ellos fue el nombramiento de un gerente de energía y una asignación muy específica de responsabilidades entre los empleados. Más importante aún, la distribución de responsabilidades se realizó por orden oficial del director ejecutivo, dando una señal de los líderes municipales de que hay apoyo para el EnMS en el ayuntamiento (Jekabsone et al., 2020).

6.1.2 Colombia

Caso de estudio de gran valor por el contexto geográfico en el cual se desarrolla. Llevado a cabo por Castrillón-Mendoza et al. (2020) y lleva por título “Industrial Decarbonization by a New Energy-Baseline Methodology. Case Study”. En el cual, se analiza una alternativa para establecer líneas de base energéticas para el sector industrial en el que se producen varios productos a partir de una sola materia prima, y se determina el consumo energético de cada producto y su impacto en la eficiencia global de la industria al mismo tiempo.

El método se aplica al proceso de inyección de plástico y el resultado es una línea de base energética de acuerdo con los requisitos de la norma ISO 50001, que sirve como referencia para determinar el ahorro energético (Castrillón-Mendoza et al., 2020). La línea base energética facilita la reducción del consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero en sectores como el plástico, sector que representa el 15% del PIB manufacturero de Colombia.

En este contexto, la metodología es importante para la correcta evaluación del desempeño energético a través de indicadores y, para la optimización de la planificación de la producción enmarcada hacia el aumento de la eficiencia energética de los procesos. En este caso, la metodología empleada para el análisis Energy Baseline

permitió realizar un análisis de la eficiencia de cada una de las máquinas de moldeo por inyección, y permitió seleccionar las mismas máquinas según la demanda de la empresa y las más eficientes. Máquinas de moldeo por inyección para la producción de una referencia determinada (Castrillón-Mendoza et al., 2020). Esto es particularmente importante para un sector como el de los plásticos, que en Colombia representa un área de alto consumo de energía y una industria de crecimiento creciente para la economía del país. Para ello, se establecieron Energy Baselines para cada referencia realizada en la máquina de moldeo por inyección.

De igual manera, se propuso una Línea Base Energética para medir los potenciales de ahorro de todas las máquinas, utilizando el modelo de estandarización de datos de producción según recomendaciones de la Norma ISO 50006 y aplicándolo a las cuatro máquinas que presentaban inconsistencia de rotación y permanencia de los moldes (Castrillón-Mendoza et al., 2020).

En el caso de estudio, se estimaron ahorros de energía en toda la línea de 1106.900 kWh / año, mostrando un ahorro económico de 235.141.920 COP (pesos colombianos) y una disminución de 213.039,1 kgco₂ / año. A partir del análisis, se identificaron potenciales de ahorro de 1318 kWh / día y 613,5 kWh / día, para un total de 1932 kWh / día de todo el proceso de moldeo por inyección (Castrillón-Mendoza et al., 2020).

6.1.3 Omán

Este caso de estudio de la implementación de un sistema de gestión de la energía a partir de la ISO 50001, fue desarrollado por Areej Vegetable Oils & Derivatives S.A.O.C (AVOD) (2019). Areej es una de las empresas líderes en bienes de consumo de rápido movimiento en Omán, fundada en 1980. Son un fabricante integrado de una amplia gama de productos como: aceites de cocina, aceite vegetal, margarina, grasas especiales, mantequilla, mayonesa, aderezos para ensaladas y salsa de tomate. Sus productos sirven al mercado local, así como a más de 30 países alrededor del mundo. También están asociados con muchas de las principales marcas para cumplir con sus requisitos

de producción en la región, como: Unilever, Emborg, Heinz, Hellmann's, Knorr (Areej Vegetable Oils & Derivatives S.A.O.C (AVOD), 2019).

La capacidad de su planta es de 240.000 toneladas de aceite por año y cuentan con 750 empleados. En enero de 2017, el gobierno de Omán introdujo una tarifa reflectante de costos (CRT) para todos los grandes consumidores de electricidad con más de 150 MWh de consumo de electricidad por año (Areej Vegetable Oils & Derivatives S.A.O.C (AVOD), 2019). Durante muchos años, las tarifas eléctricas de Omán eran planas y muy bajas. Las tarifas de CRT introdujeron un esquema de tarifas por tiempo de uso en Omán con altas tarifas de electricidad en las horas pico durante los meses de verano, lo que resultó en un gran aumento del 62% en la factura de electricidad de Areej en 2017 en comparación con 2016 (manteniendo una producción constante). Esta fue la motivación clave para que Areej tomara la iniciativa para corregir la situación y volver a controlar nuestros gastos operativos, al tiempo que reducía nuestra huella de GEI (en línea con la dirección del gobierno de Omán y los objetivos globales de desarrollo sostenible) (Areej Vegetable Oils & Derivatives S.A.O.C (AVOD), 2019).

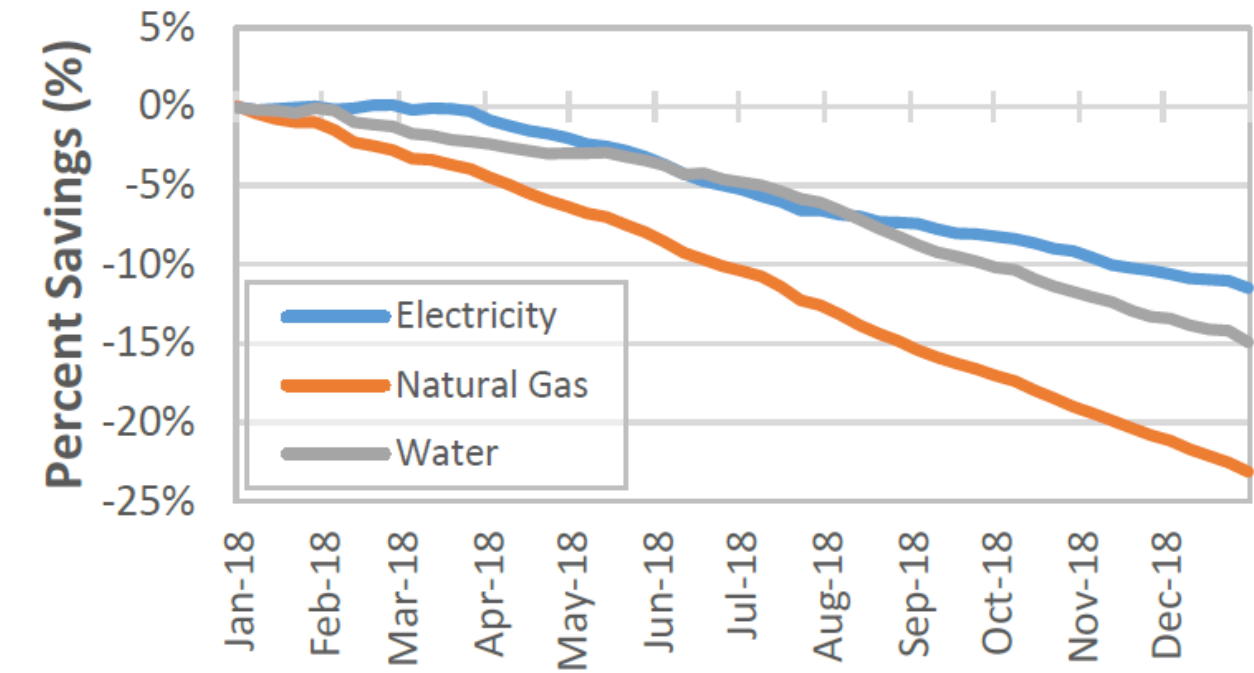
Entonces como medida a lo anterior, Areej lanzó su programa EnMS en septiembre de 2017, trabajando con un consultor externo para brindar entrenamiento, tutoría y capacitación durante el cronograma de implementación de un año en EnMS. Se estima que la implementación del EnMS ha costado \$ 138,520, incluido el tiempo del personal interno dedicado a desarrollar e implementar el EnMS (Areej Vegetable Oils & Derivatives S.A.O.C (AVOD), 2019).

Se consiguieron los siguientes beneficios relacionados a la energía y no relacionados a ella: Impresionantes ahorros tanto en electricidad como en gas natural en un 11% y 23% respectivamente en 2018, para un ahorro de energía combinado de 43.763 GJ para el mismo período. Aproximadamente el 74% de estos ahorros provienen directamente solo de los ahorros operativos. Ahorro de agua del 15% o 26.487 m³ en 2018 (aunque no es una fuente de energía, la gestión del agua también se incluyó en el SGE). El costo de los servicios públicos se redujo en un 22%. Reducción de las emisiones de CO₂ en un 18%. Una mejora del 18% en el factor de conversión de nuestra materia prima a godos terminados. Monitorear nuestro consumo de energía a diario ayuda a comprender mejor a nuestros usuarios de energía, lo que nos permite desafiar

los parámetros operativos mientras fortalecemos los controles operativos (Areej Vegetable Oils & Derivatives S.A.O.C (AVOD), 2019). Aumentar el nivel de concienciación entre la población activa les permite tener más control para lograr los objetivos de eficiencia energética. El personal de Areej contribuyó con 100 oportunidades de mejora solo en 2018. Mayor conocimiento del personal sobre la importancia del cambio climático y las emisiones de CO2. Mejoró la motivación del personal y, por tanto, aumentó el nivel de compromiso en el lugar de trabajo. En la siguiente figura se representa el porcentaje de ahorro conseguido en el tiempo:

Figura 24

Porcentaje de Ahorros para la empresa Areej en el año 2018



Nota: La figura representa el porcentaje de ahorro de electricidad, gas natural y agua conseguido desde enero de 2018 hasta diciembre del mismo año. Tomado de: Areej Vegetable Oils & Derivatives S.A.O.C (AVOD). (2019). ISO 50001 Energy Management System Case Study Sultanate of Oman. Sultanate of Oman, 1, 1-6.

Además, es de resaltar que como resultado de la implementación del EnMS, Areej logró ahorros financieros de USD 779.221 al tiempo que redujo su consumo de energía en electricidad, gas natural y agua en un 11%, 23% y 15% respectivamente para el

período de informe de enero a diciembre de 2018. la mayoría de estos ahorros provienen de proyectos de bajo costo como: recuperación de condensado para agua de alimentación; reducción de la presión del aire comprimido; recuperación de calor del agua caliente; Proyecto de centralización de compresores de aire; instalación de 13 VFD / VSD; campaña de concienciación energética del personal; optimización de puntos de ajuste de cámaras frigoríficas / enfriadoras (Areej Vegetable Oils & Derivatives S.A.O.C (AVOD), 2019). Ese valor de ahorro monetario es casi 6 veces el valor del costo de la implementación.

6.1.4 Cuba

Dentro del contexto centroamericano, más específicamente Cuba, se resalta un estudio llevado a cabo por Soto et al. (2015) y titulado “Design and implementation of a planning process for energy according to NC-ISO 50001:2011” (Soto et al., 2015). En este estudio, se realizó el diseño y aplicación de un procedimiento de para la planificación energética para una empresa que lleva por nombre “Oleohidráulica Cienfuegos”. Para ello se aplicaron los requisitos de la norma ISO 50001, en función de crear la estructura necesaria del sistema de gestión de la energía (Soto et al., 2015).

Siendo fundamental, y gran parte del estudio se centró en la definición de la línea base de la energía y las metas energéticas, ambas expresadas como una función de línea recta (Soto et al., 2015). Línea base energética definida como $y=0,0217x+15,5779$ y la meta, aunque no es común definirla como una función del tiempo x con forma de línea recta, $y=0,0192x+14,888$ (Soto et al., 2015). En final, la organización logro reducir un 5% del consumo energético con costos mínimos y casi ninguna inversión (Soto et al., 2015).

6.1.5 Italia

El siguiente caso de estudio, enmarcado en el contexto europeo, fue realizado por Dall'O' et al. (2020) y es titulado “Effective im plementation of ISO 50001: A case study

on energy management for heating load reduction for a social building stock in Northern Italy”. En este estudio, se describe una metodología organizativa que cumple con la norma ISO 50001, aplicada por primera vez a un organismo público italiano, conocido como ALER que gestiona un gran parque de viviendas sociales (Dall'O' et al., 2020). En la siguiente figura se muestra la serie de actividades y documentos que desarrollaron para la implementación del sistema:

Figura 25

Documentos y Actividades para el sistema según la Norma ISO 50001

Documents/Activities	Implementation of ISO 50001	Energy Audit
Complete energy analysis on consumption of the entire certified area (100% of consumption)	Yes	No (depending on priorities)
Continuous monitoring of areas of significant use: Baseline benchmark and variance evaluation	Yes	No
Estimated consumption and evaluation of deviations	Yes	No
Definition of objectives and targets of energy saving	Yes	No
Registration of opportunities (identification of potential energy retrofit measures)	Yes	Yes
Action plan (list of interventions to be performed)	Yes	Yes
Monitoring of results obtained from the measures performed, calculation of savings obtained, and evaluation of deviations	Yes	No
Role of top management; periodic review of the management	Yes	No
Pursuit of continuous improvement (Target)	Yes	No
Scheduling of technical equipment (components and systems)	Yes (with upgrade)	Yes (at the beginning)
Establishment of the energy management Team	Yes (permanent)	Yes (limited to the audit)
Ongoing activities (periodic meetings)	Yes	No
Involvement of all company functions (personnel, procurement, communication, etc.)	Yes	No
Staff training courses	Yes	No
Internal and external information activities (e.g. house organ, websites, etc.)	Yes	No
Involvement of service and product suppliers (specific requirements necessitate tenders and tender specifications)	Yes	No

Nota: La figura representa las actividades que se llevaron a cabo con el fin de implementar el sistema de gestión energética basada en la norma ISO 50001 y la documentación necesaria. Tomado de: Dall'O', G., Ferrari, S., Bruni, E., & Bramonti, L. (2020). Effective implementation of ISO 50001: A case study on energy management for heating load reduction for a social building stock in Northern Italy. *Energy and Buildings*, 219, 110029. 10.1016/j.enbuild.2020.110029

En particular, este estudio examina los aspectos relacionados con el análisis energético del stock y la definición de intervenciones de reacondicionamiento energético hacia la reducción de la carga de calefacción basada en el seguimiento del consumo (Dall'O' et al., 2020). Para ello se creó una base de datos energética para ALER, monitoreo de las actividades, definición de indicadores, creación de la línea base energética y definición del plan energético, el cual se basó en aislamiento térmico de las

paredes externas de la envolvente del edificio mediante sistemas compuestos de aislamiento térmico externo (ETICS); aislamiento térmico de áticos; reemplazo de ventanas; reemplazo del sistema de generación de calor (por uno de alta eficiencia); instalación de válvulas termostáticas con sistemas de contabilidad de calor (Dall'O' et al., 2020). En la figura a continuación se muestra la inversión para cada una:

Figura 26

Inversiones realizadas para ALER

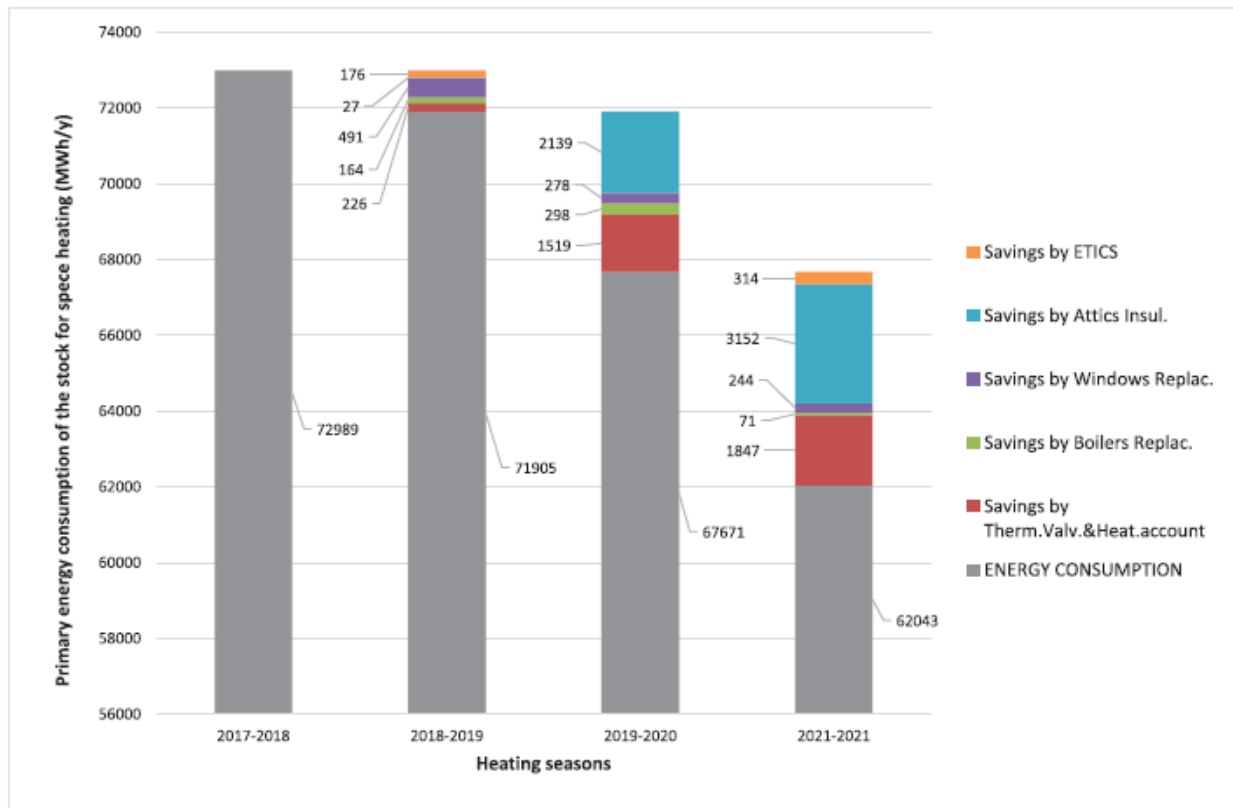
Description	Expected cost
Measures for heating systems	
Installation of thermostatic valves and heat-accounting system*	€ 200 each
Replacing the existing boilers with condensing boilers	
Thermal power > 600 kW	€ 52 000
Thermal power from 400 kW to 600 kW	€ 41 400
Thermal power from 250 kW to 400 kW	€ 31 600
Thermal power from 175 kW to 250 kW	€ 23 500
Thermal power from 125 kW to 175 kW	€ 19 450
Thermal power <125 kW	€ 15 400
Measures for the building envelope	
Windows replacement	€ 400/m ²
Thermal insulation of attics	€ 25/m ²
Thermal insulation of external walls using ETICS**	€ 65/m ²

Nota: La figura muestra los costos de la inversión realizada por la empresa ALER en función de reducir su consumo energético. Tomado de: Dall'O', G., Ferrari, S., Bruni, E., & Bramonti, L. (2020). Effective implementation of ISO 50001: A case study on energy management for heating load reduction for a social building stock in Northern Italy. *Energy and Buildings*, 219, 110029. 10.1016/j.enbuild.2020.110029

Los resultados obtenidos confirman la eficacia de la ISO 50001 como herramienta organizativa para la gestión energética dentro de un enfoque sistemático (Dall'O' et al., 2020). Demostrado en la siguiente figura:

Figura 27

Ahorros obtenidos por la empresa ALER



Nota: La figura representa los ahorros conseguidos por la empresa tras la implementación del sistema de gestión de la energía en los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Tomado de: Dall'O', G., Ferrari, S., Bruni, E., & Bramonti, L. (2020). Effective implementation of ISO 50001: A case study on energy management for heating load reduction for a social building stock in Northern Italy. *Energy and Buildings*, 219, 110029. 10.1016/j.enbuild.2020.110029

El plan de acción de modernización eficaz, que implica una reducción del consumo energético estimado en tres años en un 15%, y la mejora de las condiciones de confort de los inquilinos (Dall'O' et al., 2020).

6.1.6 España

El siguiente caso de estudio llevado a cabo en el Palacio de la Madraza de Granada, fue realizado por Díaz et al. (2018) y titulado "A daily baseline model based on transfer functions for the verification of energy saving. A case study of the administration

room at the Palacio de la Madraza, Granada”. En donde posterior a la implementación de un sistema de gestión energética, basada en la ISO 50001, en el sector de construcción; el cual presenta un alto potencial para reducir el consumo energético mediante intervenciones para mejorar la eficiencia energética del edificio y / o sus instalaciones (Díaz et al., 2018). Tras estas intervenciones, es necesario asegurar el impacto energético esperado mediante la medición y verificación de protocolos de ahorro (Díaz et al., 2018). Es allí donde este artículo presenta una metodología para la determinación de la línea base energética, cuya propuesta presenta una combinación de dos modelos basados en funciones de transferencia (Díaz et al., 2018).

Ambos modelos son fácilmente identificables con datos experimentales y se requiere un seguimiento mínimo para ajustarlos (Díaz et al., 2018). La formulación propuesta otorga a los modelos la capacidad de caracterizar los efectos dinámicos vinculados a la inercia térmica del edificio y las condiciones de funcionamiento del edificio por las variables que puedan existir. Además, debido a la vinculación de los coeficientes de los modelos con los parámetros energéticos característicos del edificio, es posible realizar estimaciones de calidad con variables de entrada diferentes a las utilizadas en su calibración (Díaz et al., 2018).

La metodología propuesta ha sido validada experimentalmente en un edificio con el uso de sistemas HVAC (calentamiento, Ventilación y Aire Acondicionado), y un nivel de ocupación muy variable, con errores diarios relativos promedios menores al 10% y un error relativo máximo mensual menor al 5% en la estimación de Consumo de HVAC (Díaz et al., 2018). Con ella se determina una reducción en el consumo energético de un 18% para enfriamiento y del 13% en calentamiento (Díaz et al., 2018).

6.1.7 Kuwait

Así mismo del continente asiático se presenta otro caso de estudio titulado “Efficient Energy Management System At Kuwait Oil Company, Kuwait, A Case Study”, llevado a cabo por Al-Qallaf et al. (2017). En donde, en base a Kuwait Oil Company (KOC), filial de Kuwait Petroleum Corporation (KPC), que se dedica a la exploración, perforación y producción de petróleo y gas (Al-Qallaf et al., 2017). Siendo una

organización KOC está totalmente comprometida con la gestión energética, la eficiencia energética y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), lo que puede ayudar a minimizar los costes energéticos y mitigar los efectos medioambientales (Al-Qallaf et al., 2017).

Para cumplir con las normas nacionales e internacionales ISO 50001 Energy Management System (EnMS), KOC llevó a cabo un estudio piloto para desarrollar un programa de gestión de energía eficaz para las unidades de proceso representativas de KOC y los edificios principales (Al-Qallaf et al., 2017). El objetivo del programa fue crear una línea de base energética e identificar las áreas de mejora potencial y proporcionar insumos para la implementación de la norma ISO 50001 para la certificación. KOC ha establecido los Indicadores de rendimiento energético (EnPI) para cada una de las unidades de proceso y se han identificado KPI específicos para monitorear y controlar el rendimiento energético (Al-Qallaf et al., 2017). Además, el estudio destaca los principales logros en la gestión energética, la eficiencia energética y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) con el fin de ayudar a minimizar los costes energéticos y mitigar los efectos medioambientales (Al-Qallaf et al., 2017).

Cuyos resultados le permitieron identificar 18 oportunidades de ahorro energético, se crearon planes para aprovechar esas oportunidades y al final se llegó a una reducción del consumo energético del 13.9% en relación a la energía eléctrica y 7.1% referente a energía térmica (Al-Qallaf et al., 2017). Además, aumentar el uso de tecnologías de energía renovable y limpia, como la energía solar fotovoltaica en edificios de oficinas (uso de energía solar fotovoltaica para la carga de iluminación en los edificios de oficinas principales y nuevos para reemplazar la fuente de energía convencional), tecnologías solares térmicas en procesos de calentamiento y uso de GNL en lugar de electricidad basada en combustibles fósiles (Al-Qallaf et al., 2017).

6.1.8 Malasia

Estudio realizado por Mohamad et al. (2014), titulado “Implementation of ISO50001 Energy Management System, A Case Study of a Malaysian Copper Manufacturer”. Este documento presenta un caso de un fabricante de cobre de Malasia

que implementó el estándar ISO 50001 para un Sistema de gestión de la energía mediante el uso del enfoque PHVA (Mohamad et al., 2014). Los datos se recopilaron utilizando un enfoque de observación participante. Se observó que el fabricante de cobre logró un ahorro de energía de hasta un 3% en junio de 2013. Este hallazgo corrobora la importancia de contar con un Sistema de Gestión de Energía para garantizar la sostenibilidad del negocio (Mohamad et al., 2014).

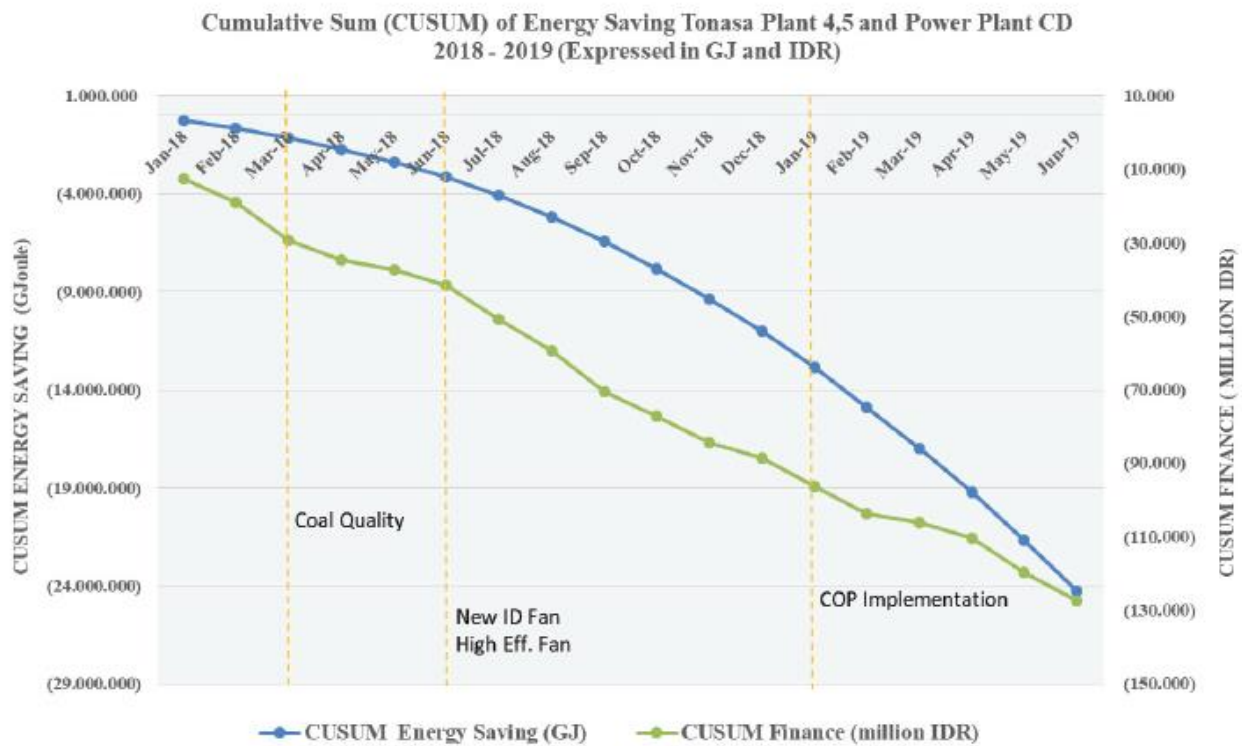
6.1.9 Indonesia

Estudio también del continente asiático, llevado a cabo por Iswahyudi et al. (2020) y tiene por título “Implementation of Energy Management System ISO 50001:2011 in PT Semen Tonasa: Sharing Experience”. En el cual, se analiza la experiencia de una empresa de fabricación de cemento, siendo una de las industrias que consume una gran cantidad de calor y electricidad. En PT Semen Tonasa, el consumo de carbón alcanzó los 1,6 Millones de Toneladas por año para cubrir las necesidades energéticas de la planta cementera y central eléctrica interna. Los costos de energía incurridos alcanzaron el 30-40 por ciento de los costos totales de la compañía (Iswahyudi et al., 2020).

Este documento es un estudio de caso de la implementación del Sistema de Gestión de Energía 50001: 2011 basado en ISO en PT Semen Tonasa. Los autores identificaron los posibles desafíos y beneficios de implementar el Sistema de Gestión de Energía ISO 50001 en una empresa cementera (Iswahyudi et al., 2020). La certificación final de la norma se otorgó el 23 de mayo de 2019, lo que convierte a PT Semen Tonasa en la primera industria del cemento en Indonesia en obtener la certificación de la norma ISO 50001. Se presentó un ahorro de costos de 127.603.336.352 IDR (USD 9.049.884) calculado en base a la brecha de desempeño energético entre el consumo de energía real en comparación con la línea de base, luego se puede describir en el acumulado de suma (CUSUM) de enero de 2018 a junio de 2019 (Iswahyudi et al., 2020). Como se muestra en la Figura a continuación:

Figura 28

Sumatoria acumulada de los ahorros de PT Semen Tonasa en energía y Capital



Nota: La figura presenta los ahorros monetarios y energéticos conseguidos desde enero de 2018 hasta junio de 2019 en la empresa PT Semen Tonasa. Tomado de: Iswahyudi, Mahesthi, A., Pramono, A., Rewah, S., Sudarsih, S., & Purnomo, R. (2020). Implementation of energy management system ISO 50001:2011 in Pt Semen Tonasa: Sharing experience. AIP Conference Proceedings, 2197(030006), 1-10. <https://doi.org/10.1063/1.5140898>

Además de tener un impacto directo en el ahorro de consumo de energía y costos de producción, la implementación de la Gestión Energética aporta otros beneficios que son la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂) (Iswahyudi et al., 2020). Debido a que el carbón utilizado en PT Semen Tonasa es de tipo subbituminoso, las emisiones de CO₂ que pueden reducirse rondan las 250.351 toneladas de CO₂ equivalente (Iswahyudi et al., 2020). Mejorar la imagen de la empresa mediante la consecución de Green Proper del Ministerio de Medio Ambiente (Iswahyudi et al., 2020).

6.1.10 Brasil

Caso suramericano desarrollado por Ocampo Batlle et al. (2020) y que lleva por título “A methodology to estimate baseline energy use and quantify savings in electrical energy consumption in higher education institution buildings: Case study, Federal University of Itajubá (UNIFEI)”. En donde, dado que los campus universitarios representan grupos específicos de edificios diversos con un consumo energético significativo y por tanto, proporcionan un banco de pruebas excelente para caracterizar y comprender el consumo energético de un grupo de edificios de uso mixto (Ocampo Batlle et al., 2020). Este documento presenta una metodología novedosa que considera las recomendaciones de las normas ISO 50001: 2011 e ISO 50006: 2014 para establecer líneas de base e indicadores de rendimiento energético en edificios de instituciones de educación superior, con el fin de identificar potenciales de reducción del consumo de energía eléctrica en edificios y establecer estrategias de gestión energética relacionadas con el uso de electricidad.

El estudio se implementó en tres edificios de la Universidad Federal de Itajubá (campus José Rodrigues Seabra). Se evaluaron varios métodos e indicadores para monitorear y medir el desempeño energético en los edificios (Ocampo Batlle et al., 2020). Se estudiaron y tuvieron en cuenta un amplio abanico de factores que influyen en el consumo energético del sistema operativo en los edificios, como los tipos de actividades que se realizan en el edificio, las condiciones climáticas, los materiales de construcción, el sistema de climatización y la ocupación, ya que estos contribuyen de forma directa e indirectamente a la dificultad de medir con precisión el consumo energético del edificio (Ocampo Batlle et al., 2020).

Los resultados mostraron que el potencial ahorro anual en el consumo de energía eléctrica del campus podría rondar el 9,6%, lo que se traduce en un valor económico de R \$ 93.647,2 y una reducción de emisiones de 20,3 toneladas de CO₂ equivalentes sin inversión económica (Ocampo Batlle et al., 2020). Se concluyó que la metodología propuesta para establecer y monitorear un indicador de eficiencia energética puede aplicarse a cualquier instituto de educación superior porque es flexible y adaptable ya

que cada instituto puede definir el período de análisis del indicador (Ocampo Batlle et al., 2020).

6.1.11 Sudáfrica

El primer caso de estudio del continente africano, es desarrollado por Pelser et al. (2018) y tiene por nombre “Results And Prospects Of Applying An ISO 50001 Based Reporting System On A Cement Plant”. En donde y como se ha evidenciado en casos anteriores como la industria del cemento juega un papel importante en el desarrollo global y constituye una porción considerable del consumo global de energía, es ahí donde esta investigación se desenvuelve. Dado que los costos de energía representan el 30% de los costos de producción, la reducción del consumo de energía aumenta la rentabilidad (Pelser et al., 2018). Los métodos de gestión de la energía existentes a menudo exigen grandes inversiones de capital.

Este estudio informa sobre un sistema de gestión de energía eléctrica para mejorar la productividad de la planta de cemento a un costo mínimo. El sistema consiste en un informe automatizado de rendimiento energético que abarca el enfoque PHVA de ISO 50001 (Pelser et al., 2018). El sistema recopila datos de diversas fuentes para proporcionar información valiosa y gráficos sobre estos informes. Los grandes sistemas que consumen electricidad se pueden aislar, monitorear y comparar con puntos de referencia que se actualizan continuamente para identificar oportunidades de ahorro perdidas. El sistema se implementó en una planta de Sudáfrica donde el costo de energía eléctrica del cemento se redujo en un 25% (Pelser et al., 2018). También permite controlar el rendimiento energético de los equipos y mejorar continuamente las operaciones (Pelser et al., 2018). Estos resultados demuestran que la rentabilidad de la planta de cemento se puede mejorar con una mínima inversión de capital mediante el uso de un sistema de gestión de energía (Pelser et al., 2018).

6.1.12 Turquía

Desde este país se presenta un caso de estudio llevado a cabo por Tunc et al. (2016) y titulado “Energy management and optimization: case study of a textile plant in Istanbul, Turkey”. En el cual el autor, tiene como objetivo presentar los resultados de los estudios de optimización y gestión de la energía en una fábrica textil turca. En un estudio de caso de una fábrica de impresión y tinte en Estambul, los autores identificaron procesos sensibles a la energía y propusieron aplicaciones de gestión energética (Tunc et al., 2016).

Para tal motivo, se han implementado métodos apropiados de gestión de la energía en la fábrica, en relación a la conexión de los suministros de electricidad, carbón y agua a los bloques de construcción correspondientes (Tunc et al., 2016). De acuerdo con la norma ISO 50001, se desarrolló una hoja de ruta para la gestión de la energía. Se analizaron medidas como el aislamiento de tuberías, la recuperación de calor residual y el cambio de combustible como requisitos previos para un plan de gestión energética (Tunc et al., 2016).

Además, se han examinado los resultados en términos de eficiencia energética y reducción de costes. Allí, el efecto positivo de la optimización se puede observar fácilmente. La optimización reduce el consumo de gas natural a 10,000,000,000 kcal, mientras aumenta el consumo de carbón a 24,781,832,000 kcal para mantener una demanda de energía constante (Tunc et al., 2016). Como resultado, los costos totales de energía se redujeron en un 10,6% en un año, de 2.156.396 dólares EE.UU. a 1.927.687 dólares EE.UU. después de la optimización correspondiente al 10,6% (Tunc et al., 2016).

6.1.13 Ucrania

Caso de estudio desarrollado por Verenysh y Hudoshnyk (2020), que tiene por título “Sustainability Ecosystems: Control of the Energy Efficiency as One of the Aspects of the Digital Ecosystems (Case Study for Ukraine)”. En donde se implementa un sistema de gestión de la energía basado en los requisitos de la norma ISO 50001 a un edificio escolar. El documento ha presentado la lista de tareas para la realización del sistema,

las tareas del sistema de gestión de recursos energéticos, las etapas de implementación del sistema y un ejemplo práctico del uso del sistema (Verenych & Hudoshnyk, 2020). El resultado práctico de la implementación del sistema es crear un mecanismo estable, para que sea extrapolado al funcionamiento del consumo de energía de la ciudad de Zaporizhia (Verenych & Hudoshnyk, 2020). En la actualidad, el consumo energético de la instalación se ha reducido a 41,89 kWh / m³ sin pérdida de confort, y las emisiones de gases se han reducido a 79,42 kg / m²; siendo una disminución del 46,3% en el consumo de energía (Verenych & Hudoshnyk, 2020).

6.1.14 Alemania

Estudio de caso titulado “Case Studies in Energy Management: Experience From Germany”, desarrollado por Voltz et al. (2017). En donde, se presenta la experiencia obtenida al trabajar con una empresa de servicios públicos de agua / aguas residuales alemana en eficiencia energética desde 2013, centrándose en la puesta en marcha de planes de acción energética, según los requisitos de la norma ISO 50001 para un sistema de gestión energética (Voltz et al., 2017). Siendo los planes los siguientes: hacer un uso completo de los datos de uso de energía disponibles; reducir costos al evitar picos de demanda y optimizar los contratos de electricidad; mejorar la eficiencia de las bombas de la estación de refuerzo sobredimensionadas; reducir el uso de energía para la calefacción de espacios en una planta de tratamiento de agua; reemplazar las válvulas reductoras de presión con turbinas para hacer uso del exceso de capacidad hidráulica; y evitar el desperdicio de energía de soplores de plantas de tratamiento de aguas residuales manteniendo los sensores de oxígeno debidamente calibrados (Voltz et al., 2017). La empresa logró una mejora del 13% en la eficiencia energética después de menos de dos años de gestión energética enfocada, con un período de recuperación promedio por medida de 1.2 años (Voltz et al., 2017).

6.1.15 Estados Unidos

Este caso de estudio fue llevado a cabo por Abad y Wu (2014), titulado “Energy Efficient Manufacturing and Supply Systems – Case Studies and Results”. Este caso involucra un centro de distribución que recoge, empaqueta y entrega los artículos para satisfacer los pedidos (Abad & Wu, 2014). Después de analizar los datos recopilados, se realizaron las siguientes acciones, en función de los requisitos de la norma ISO 50001: instalar sensores de ocupación en las áreas de recepción; ajustar la configuración de temperatura de HVAC; mejorar los sellos de las puertas de los muelles; optimizar las rutas de almacenamiento; optimizar la utilización del espacio en el almacén; e institucionalizar las mejores prácticas de eficiencia energética dentro de la organización (Abad & Wu, 2014), resultando en un ahorro de costos de \$ 132,000 (Abad & Wu, 2014). Además, reduciendo el CO₂ emitido por la instalación en más de 1,700,000 libras anuales (Abad & Wu, 2014).

6.1.16 Otros

Aparte de los casos de estudio descritos anteriormente, se presentan unos adicionales a continuación:

Se evidencia otro caso en el contexto colombiano, realizado por Castrillon et al. (2013) y titulado “Energy Efficiency Improvement In The Cement Industry By Wet Process Through Integral Energy Management System Implementation”. En el cual, mediante la implementación de un sistema de gestión energética se logró reducir el consumo de energía eléctrica en un 4.6%, en una organización dedicada a la producción de cemento mediante la vía húmeda (Castrillon et al., 2013). Esta reducción se logró sin la necesidad de invertir en maquinaria o equipos nuevos; sino por la toma de conciencia y el crecimiento de la cultura hacia el ahorro energético dentro de la organización (Castrillon et al., 2013).

Así mismo, se evidencia un nuevo caso en Indonesia, titulado “Critical Success Factors Evaluation of the ISO 50001 Energy Management System Implementation: Case study: PT. APAC INTI CORPORA, Bawen, Semarang Indonesia”, desarrollado por

Purwanggono et al. (2019). Enmarcado en el sector industrial, PT. APAC INTI CORPORA (AIC) es una empresa textil, ubicada en Bawen, Semarang Indonesia. PT. AIC ha implementado ISO 50001 desde 2014 como un sistema de gestión de energía para mejorar la calidad del servicio y el beneficio financiero de la empresa. En este estudio, Factores Críticos de Éxito de la aplicación de ISO 50001 en PT. Se evaluará AIC para ayudar a las empresas a implementar un sistema de gestión de energía más óptimo. Un factor crítico de éxito es un área en forma de indicadores que identifican el éxito del desempeño de una organización (Purwanggono et al., 2019).

Mediante el método Delphi, las estrategias de mejora se ajustan a las condiciones de la empresa y se reducen a 6 puntos estratégicos (Purwanggono et al., 2019). Estos fueron: Identificar, revisar, evaluar y documentar periódicamente las instalaciones, equipos, sistemas, procesos y trabajadores que tengan un efecto significativo en el consumo energético de la empresa; coordinar la ingeniería, el control de calidad y las adquisiciones en la compra de bienes, servicios y diseños que consideren la eficiencia energética; cooperar con las empresas ESCO (Energy Service Company) en el contexto de la inversión en la adquisición de bienes o servicios que sean más eficientes energéticamente; revisar y diseñar nuevas instalaciones, equipos, sistemas y procesos que sean más eficientes energéticamente para respaldar las mejoras periódicas del rendimiento energético; mejorar la competencia de los empleados a través de capacitación interna y externa relacionada con los sistemas de gestión de energía, especialmente para los empleados del equipo de conservación de energía de la empresa; revisar las políticas energéticas, desempeño energético, IDE de forma periódica y evaluar la implementación del sistema de gestión energética con la normativa aplicable (Purwanggono et al., 2019). En función de reducir los costos hasta en un 6% de los costos totales de energía en los que se incurrirá, lo que suma 72 mil millones de IDR en el primer año de certificación (Purwanggono et al., 2019).

De igual manera, un caso adicional en España se trae a colación. Fue llevado a cabo por Tejera et al. (2017) y lleva por título “Energy Management Systems in Copper Smelting: The Atlantic Copper Case Study”. En donde, dado que las fundiciones de cobre juegan un papel importante en la metalurgia extractiva del cobre, con el 80% de la producción minera procesada en fundiciones primarias para producir cátodos de cobre,

mientras que el 20% restante se refina en plantas hidrometalúrgicas en las minas (Tejera et al., 2017). La energía representa más de un tercio de los costos operativos de la fundición y refinación de cobre, por lo que una buena gestión energética es de vital importancia para garantizar la sostenibilidad energética en un entorno económico cada vez más competitivo, sin mencionar las crecientes demandas de protección ambiental. En 2009, Atlantic Copper lanzó una nueva estrategia de gestión de energía para su fundición y refinación de cobre con la implementación de un Sistema de Gestión de Energía, y se convirtió en la primera fundición de cobre del mundo en recibir la ISO 50001 certificado (Tejera et al., 2017). Este sistema puede monitorear con precisión el consumo y modelar la planificación de la producción de acuerdo con criterios energéticos para lograr una mejora continua en todos los procesos de la empresa, basándose en lo siguiente: Integración de la eficiencia energética en la alta dirección de la organización; Asimilación de criterios energéticos en las decisiones laborales diarias; Implementación de proyectos que puedan reducir el consumo energético específico; Inversión en proyectos que recuperen y aprovechen el calor residual de los procesos metalúrgicos (Tejera et al., 2017). Esta política llevada a cabo entre 2009 y 2014 permitió a Atlantic Copper convertirse en una de las fundiciones de cobre con menor consumo energético específico a nivel mundial, consiguiendo reducciones superiores al 20% del consumo energético, junto con recortes de emisiones directas de gases de efecto invernadero de más del 30% (Tejera et al., 2017).

Al igual que el caso anterior, este también es español. Es titulado “Development of an energy management system for a naphtha reforming plant: A data mining approach”, realizado por Velázquez et al. (2013). Cuyo documento proporciona una metodología para la definición e implementación del sistema de gestión de energía, en sitios industriales donde se dispone de datos históricos masivos basados en un enfoque de procesamiento y minimización de datos (Velázquez et al., 2013). Ese enfoque se aplicó con éxito a la definición, desarrollo e implementación de un Sistema de gestión de la energía Basado en la Norma ISO 50001 para una planta de reforma de nafta. Se ha seleccionado un total de 14 variables de influencia clave de 45 variables de influencia potencial y se ha desarrollado un modelo de desempeño energético (Velázquez et al., 2013). El EnMS permite establecer una línea de base y objetivos en tiempo real, teniendo

en cuenta la influencia de las condiciones reales de operación y evalúa los ahorros de energía potenciales y logrados (Velázquez et al., 2013). El éxito en el logro de los ahorros de energía se evalúa mediante un índice de eficiencia que crece del 27% al 32%, lo que muestra que se han logrado ahorros significativos después de la implementación del sistema (Velázquez et al., 2013).

Además de los casos anteriores, ahora se presenta otro caso de estudio de origen brasileño, titulado “Energy Savings Resulting from Energy Management Program Using Measurement and Verification Procedure” y desarrollado por Viera et al. (2018). En donde, se llevó a cabo la implementación de un sistema de gestión de la energía basado en la norma ISO 50001, en un resort de Rio de Janeiro. Se verificó que el Desempeño Energético sobre el costo total anual de uso de energías fue de R \$ 1.056.572,43, en el año base 2015 (Vieira et al., 2018). Y después de la implementación y aplicación de un conjunto de medidas de eficiencia energética, se ahorró alrededor de 9,27%, lo que corresponde a R \$ 98.256,91 por año (Vieira et al., 2018).

6.2. Análisis de Casos de Estudio

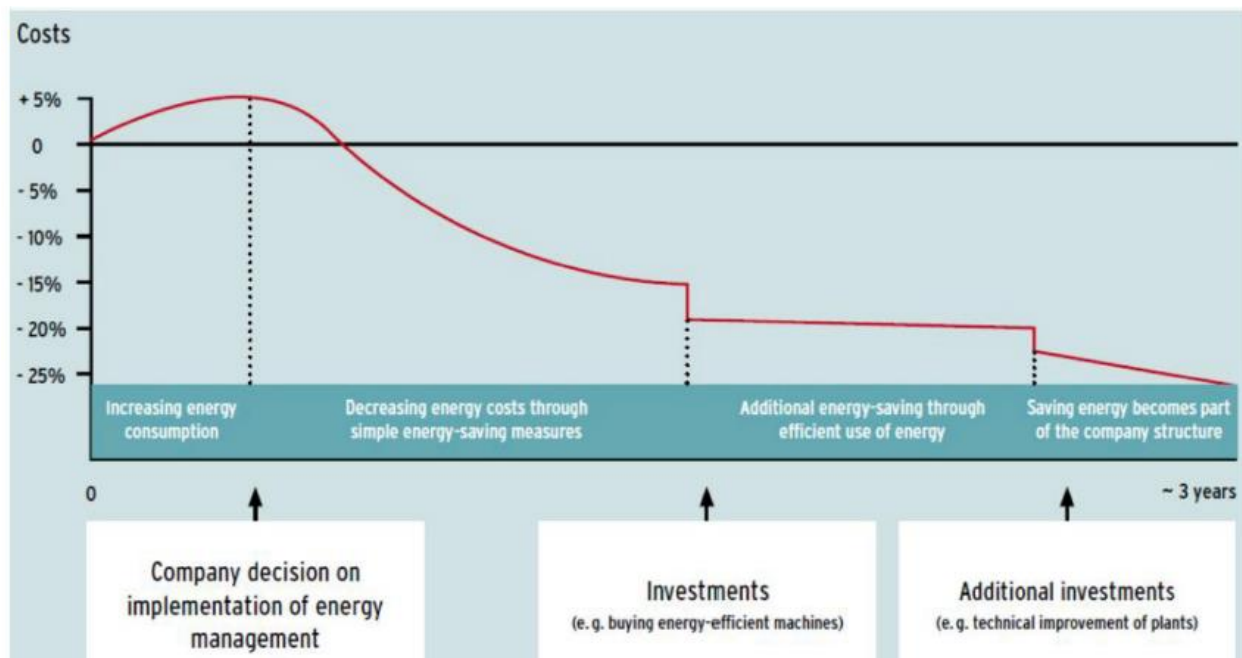
Se han llevado a cabo varios trabajos en donde a partir de información recolectada de casos de estudio y encuestas a varias organizaciones, que implementaron la norma ISO 50001 para el establecimiento de su sistema de gestión de la energía, se realiza un análisis en diversos aspectos. Se presentarán tres de estos estudios, para luego dar paso al análisis propio acerca de la información recolectada y expuesta en los casos anteriores.

El primer estudio del cual se hará hincapié es el realizado por da Silva y Mil-Homens (2019), titulado “Energy management system ISO 50001:2011 and energy management for sustainable development”. En el cual, partiendo de los fundamentos del desarrollo sostenible, la eficiencia energética y la gestión energética, se realizó un análisis detallado de la norma de sistemas de gestión energética ISO 50001: 2011 desde el punto de vista del desarrollo sostenible. El propósito del análisis fue evaluar la efectividad de su implementación, identificar la existencia de brechas y desarrollar mejoras capaces de cubrir las brechas identificadas. La efectividad y los resultados de la

implementación de ISO 50001: 2011, dieron luz a la construcción de un sistema de gestión de energía ideal, y permitieron identificar cuatro brechas. Estas cuatro brechas son: Gestión estratégica de riesgos energéticos; Desarrollos en tecnología de eficiencia energética; Seguimiento de las técnicas de desarrollo de la eficiencia energética y Reducción de impactos ambientales relacionados con el uso de energía (daSilva & MilHomens, 2019). El sistema de gestión ideal, con su continua reducción de costos se presenta en la siguiente figura:

Figura 29

Comportamiento de Costos en función del tiempo y etapas de inversión para un EnMS



Nota: La figura representa el comportamiento general o típico de los costos y etapas de inversión, de una organización que implementa un sistema de gestión de la energía basada en la norma ISO 50001. Tomado de: daSilva, V., & MilHomens, F. (2019). Energy management system ISO 50001:2011 and energy management for sustainable development. *Energy Policy*, 133, 110868. 10.1016/j.enpol.2019.07.004

Siendo el punto de partida el tope de la gráfica en donde los costos del consumo energético han aumentado y la gerencia los identifica como un problema o una oportunidad de mejora. Después, ingresa a una etapa donde los costos y el consumo descienden rápidamente, mediante medidas simples y de mínima inversión. Luego, para seguir con la mejora se lleva a cabo una inversión más fuerte en términos de maquinaria

más eficiente. Por ende, en esa etapa, no se observa una disminución drástica en los costos de la energía, pero esto se debe a que los propios ahorros están pagando la inversión del equipo nuevo. Finalmente, en la última etapa se convierte en cultura, rutina y parte de la estructura de la organización el ahorro energético (daSilva & MilHomens, 2019).

El segundo estudio considerado importante y el cual se presenta en seguida fue realizado por Fuchs et al. (2020) y titulado "Identification of drivers, benefits, and challenges of ISO 50001 through case study content analysis". Allí, un cuerpo de investigación en expansión está definiendo los impulsores, los beneficios y los desafíos de la adopción de los sistemas de gestión energética ISO 50001. El programa de Premios al Liderazgo en Gestión de Energía de la Ministerial de Energía Limpia requiere que las organizaciones con certificación ISO 50001 desarrollen estudios de caso de su experiencia en implementación. 72 estudios de casos recientes que abarcan múltiples sectores económicos brindan una visión global única de la implementación desde la perspectiva de las organizaciones certificadas. Distribuidas de la siguiente manera por sector:

Figura 30

Distribución de casos de estudio para el análisis de Fuchs et al.

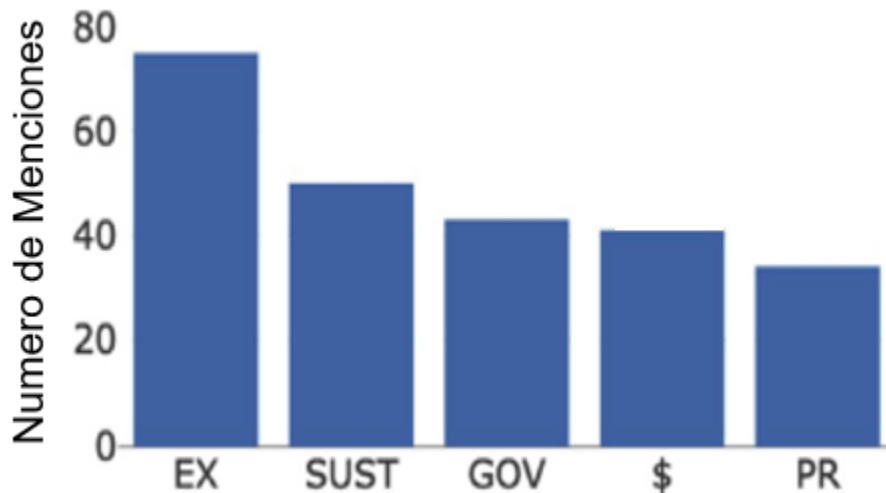
Sector	# facilities	# case studies
Manufacturing ^a	83	50
Insurance & property management	28	2
Oil & gas production	26	5
Technology & services	26	1
Energy & energy management products & services	21	2
Water & wastewater	8	2
Electric power generation	3	3
Telecommunications	3	1
Municipalities	2	2
Charity	1	1
Financial services	1	1
Freight transportation	1	1
Mining (gold & copper)	1	1
Totals	204	72

Nota: La figura representa la distribución de los 72 casos de estudio según sector. Tomado de: Fuchs, H., Aghajanzadeh, A., & Therkelsen, P. (2020). Identification of drivers, benefits, and challenges of ISO 50001 through case study content analysis. *Energy Policy*, 142(C), 111443. 10.1016/j.enpol.2020.111443

Este conjunto de datos se investigó mediante el análisis de contenido de frases relacionadas con motivaciones y objetivos, el papel de la dirección y la organización, los beneficios logrados, las claves del éxito y los desafíos. Este artículo presenta los resultados de este análisis cuantitativo de "códigos" asignados a frases que capturan su significado. Si bien las organizaciones adoptaron la ISO 50001 por diferentes motivos y vieron innumerables beneficios más allá del ahorro de energía y las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas, existen puntos en común. Los impulsores identificados con más frecuencia son los valores y objetivos existentes, la sostenibilidad ambiental y los incentivos o regulaciones gubernamentales (Fuchs et al., 2020). Como se muestra en la siguiente figura, siendo los códigos aplicables EX= valores y objetivos existentes; SUST= sostenibilidad ambiental; GOV= los incentivos o regulaciones gubernamentales; \$= ahorros de costos y retorno de la inversión; PR=Mejora de la imagen, marca y ganancia de ventaja competitiva por visibilidad:

Figura 31

Impulsores de la Norma ISO 50001

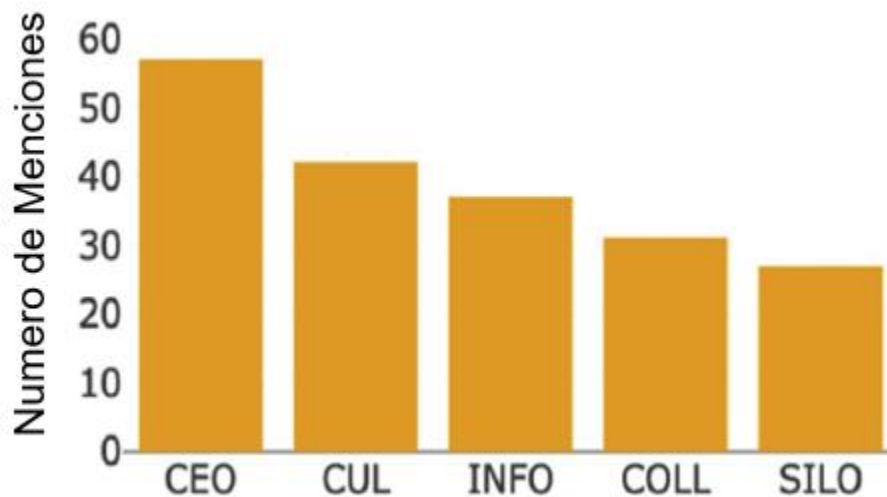


Nota: La figura representa una gráfica de barras donde se determinan los principales impulsores para la implementación de la norma ISO 50001. Tomado de: Fuchs, H., Aghajanzadeh, A., & Therkselsen, P. (2020). Identification of drivers, benefits, and challenges of ISO 50001 through case study content analysis. *Energy Policy*, 142(C), 111443. 10.1016/j.enpol.2020.111443

Los hallazgos también incluyen: obtener y mantener el apoyo de la alta dirección es fundamental y la mayor clave del éxito (Fuchs et al., 2020). Según la siguiente figura, donde CEO= Apoyo de la alta dirección; CUL= Cultura hacia la consciencia energética; INFO= Medición de energía confiable y precisa; comprender los SEU e identificar las instalaciones con mayor impacto; COLL= Colaboración con proveedores de servicios, gobiernos o instructores de implementación; acceso a documentos de orientación; SILO=Reducir los silos departamentales, crear equipos de energía multifuncionales; compartir las herramientas, los marcos y la información necesarios:

Figura 32

Factores clave de éxito de la Norma ISO 50001



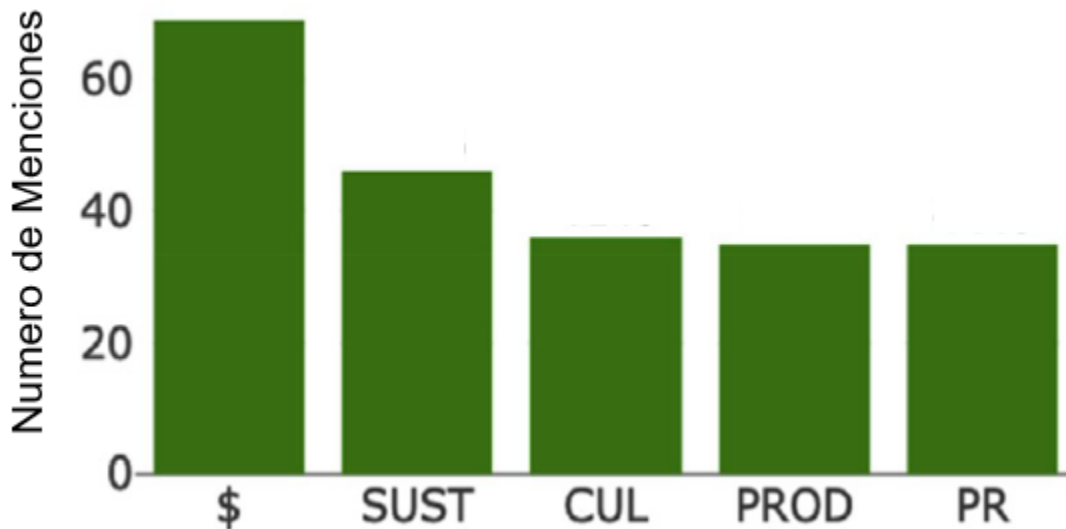
Nota: La figura representa una gráfica de barras donde se determinan los principales Factores clave de éxito para la implementación de la norma ISO 50001. Tomado de: Fuchs, H., Aghajanzadeh, A., & Therkelsen, P. (2020). Identification of drivers, benefits, and challenges of ISO 50001 through case study content analysis. *Energy Policy*, 142(C), 111443. 10.1016/j.enpol.2020.111443

Los principales beneficios mencionados son ahorros de costos, productividad y mejoras operativas (Fuchs et al., 2020). Como se muestra en la siguiente figura donde \$= Ahorro de costes, Retorno de la inversión; SUST= Sostenibilidad ambiental mejorada, mayor uso de recursos renovables; CUL= Mejor motivación de los empleados, fortalecimiento de la cultura empresarial; cultura construida de mejora continua; PROD=

Mayor productividad a través de menos tiempo de inactividad de la planta, mayor capacidad, mejor intensidad energética, ahorro de tiempo / recursos mediante la automatización y PR= Mayor visibilidad, valor de marketing e imagen de la empresa:

Figura 33

Beneficios de la Norma ISO 50001



Nota: La figura representa una gráfica de barras donde se determinan los principales beneficios de la implementación de la norma ISO 50001. Tomado de: Fuchs, H., Aghajanzadeh, A., & Therkelsen, P. (2020). Identification of drivers, benefits, and challenges of ISO 50001 through case study content analysis. *Energy Policy*, 142(C), 111443. 10.1016/j.enpol.2020.111443

Y la barrera principal es la falta de una cultura de gestión energética (Fuchs et al., 2020). Como se puede observar en la siguiente figura, donde CUL= La gestión de la energía no está integrada / recompensada dentro de la cultura de la empresa, ni forma parte del comportamiento diario de los empleados; INFO= Información imperfecta; falta de datos de consumo de energía desglosados y transparentes; EMV= Desafíos al realizar EM&V, el proceso de revisión energética o la contabilidad energética; EXP= Falta de experiencia interna, acceso limitado a las mejores prácticas y contratistas externos con la experiencia necesaria y CEO= Falta de apoyo continuo de la alta dirección.

Figura 34

Barreras de la Norma ISO 50001



Nota: La figura representa una gráfica de barras donde se determinan las principales barreras de la implementación de la norma ISO 50001. Tomado de: Fuchs, H., Aghajanzadeh, A., & Therkelsen, P. (2020). Identification of drivers, benefits, and challenges of ISO 50001 through case study content analysis. *Energy Policy*, 142(C), 111443. 10.1016/j.enpol.2020.111443

Los formuladores de políticas y otras personas que buscan acelerar la adopción de ISO 50001 pueden utilizar estos hallazgos para resaltar los beneficios e incentivos que resonarán con los tomadores de decisiones corporativas en todo el mundo (Fuchs et al., 2020).

El último estado que será presentado es el realizado por McKane et al. (2017) y lleva por título "Predicting the quantifiable impacts of ISO 50001 on climate change mitigation". En donde, se realiza un enfoque más hacia el impacto ambiental que trae la implementación de un sistema de gestión de la energía basado en la norma ISO 50001. Determinan que el consumo de energía en los sectores industrial y comercial (servicios) representa casi el 40% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Reducir este consumo de energía será fundamental para que los países logren sus compromisos nacionales de reducción de gases de efecto invernadero. El estándar de gestión de energía ISO 50001 proporciona un marco de mejora continua para que las

organizaciones reduzcan su consumo. Varias políticas nacionales ya apoyan la norma ISO 50001 (McKane et al., 2017). Como se presenta en la siguiente figura:

Figura 35

Matriz de países que promueven la implementación de la Norma ISO 50001

Country	IN	TP	REG	TSA	FEII	EnMS	SA	FEEM	TREM	RP
Austria			✓			✓				
Brazil	✓		✓			✓				
Canada	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
China	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Colombia	✓					✓			✓	✓
Denmark	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Egypt	✓							✓	pend	
France	✓	✓	✓		✓	✓		✓		✓
Germany	✓	✓	✓		✓	✓		✓		✓
India	✓		✓	✓	✓	✓			✓	✓
Ireland	✓	✓	✓	✓ (VA, no negotiated targets)	✓	✓	✓		✓	✓
Japan	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Korea	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Macedonia	✓				✓				✓	✓
Mexico	✓					✓			✓	✓
Netherlands	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
South Africa	✓	✓	pend	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Sweden	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓
Thailand	✓	✓	✓		✓	✓	✓		pend	✓
Turkey	✓					✓		✓		
United Kingdom	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
United States	✓			✓	✓	✓	✓		✓	✓

Source: Updated by authors from Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future 2012.

IN-Informational Programs; TP-Tax policies (incentives and/or penalties); REG-Regulations for energy efficiency/energy management; TSA-Target-setting Agreements w/ industry; FEII-Focus on Energy-Intensive Industries; EnMS-Energy Management Standard; SA-Subsidized Energy Assessments or Audits; FEEM-Financial assistance for Energy Efficiency/EnMS Implementation; TREM-Training for Energy Managers; RP-Recognition Program.

Nota: La figura representa una matriz de los países y como promueven la implementación de los sistemas de gestión de la energía basados en la norma ISO 50001. Tomado de: McKane, A., Therkelsen, P., Scodel, A., Rao, P., Aghajanzadeh, A., Hirzel, S., Zhang, R., Prem, R., Fossa, A., Lazarevska, A. M., Matteini, M., Schreck, B., Allard, F., Villegal Alcántar, N., Steyn, K., Hürdoğan, E., Björkman, T., & O'Sullivan, J. (2017). Predicting the quantifiable impacts of ISO 50001 on climate change mitigation. Energy Policy, 107(C), 278-288. 10.1016/j.enpol.2017.04.049

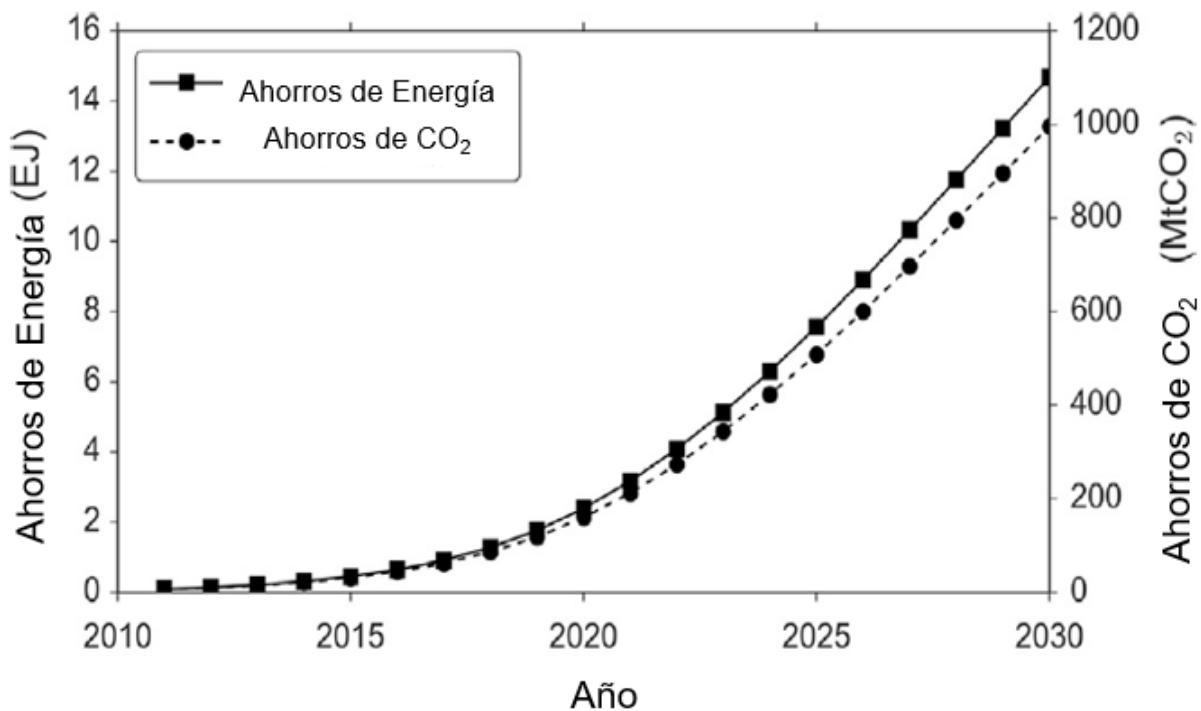
Sin embargo, no existe un proceso transparente y consistente para estimar los impactos potenciales de su implementación. Este documento presenta la Metodología de Impactos ISO 50001, una metodología desarrollada internacionalmente para calcular estos impactos a una escala nacional, regional o global adecuada para su uso por parte de los responsables políticos (McKane et al., 2017). Una metodología basada en diversas expresiones matemáticas no lineales, que no serán desarrollados en el marco de este trabajo de grado.

Usando esta metodología, un escenario con el 50% del consumo de energía del sector industrial y de servicios proyectado a nivel mundial bajo la gestión de ISO 50001

para 2030 generaría ahorros de energía primaria acumulados de aproximadamente 105 EJ, ahorros de costos de casi US \$ 700 mil millones (descontados al valor actual neto de 2016) y 6500 millones de toneladas métricas (Mt) de emisiones de CO₂ evitadas (McKane et al., 2017). Como se muestra en la siguiente figura:

Figura 36

Proyección de ahorro de energía y disminución de emisiones de CO₂



Nota: La figura representa la proyección al año 2030 de la disminución de consumo de energía y emisión de CO₂. Tomado de: McKane, A., Therkelsen, P., Scodel, A., Rao, P., Aghajanzadeh, A., Hirzel, S., Zhang, R., Prem, R., Fossa, A., Lazarevska, A. M., Matteini, M., Schreck, B., Allard, F., Villegal Alcántar, N., Steyn, K., Hürdoğan, E., Björkman, T., & O'Sullivan, J. (2017). Predicting the quantifiable impacts of ISO 50001 on climate change mitigation. *Energy Policy*, 107(C), 278-288. 10.1016/j.enpol.2017.04.049

Ahora se da paso al análisis propio, desarrollado en base a los 20 Casos de estudio descritos en el numeral anterior. En primera medida, se identificaron los principales beneficios de la implementación de un sistema de gestión de la energía basado en la Norma ISO 50001, encontrados en aquellos casos de estudio y

relacionados a todo lo presentado en el capítulo 1 y 2 de este trabajo. Se les asignó un código numérico y enlistó, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 3

Impactos a evaluar y código correspondiente

CÓDIGO	IMPACTOS
1	Desarrollar el conocimiento y habilidades del personal
2	Desarrollo de nuevos productos y servicios
3	Fortalecimiento del apoyo de Gerencia y del liderazgo
4	Mejora de relaciones con el gobierno y demás partes interesadas, toma de beneficios y evasión de multas e impuestos
5	Reducción de Consumo y Costos Asociados
6	Logro de metas de responsabilidad social y sostenibilidad
7	Mejora de la cultura de la organización y motivación de los trabajadores
8	Incremento de la vida de la maquinaria y equipos
9	Apoyo a la implementación de otras Normas ISO
10	Crear nuevos trabajos
11	Ahorros energéticos sin o con baja inversión
12	Mejora en demás procesos
13	Mejora de la imagen, marca, marketing y visibilidad de la organización
14	Mejorar la sostenibilidad ambiental, incrementar el uso de energía renovables, disminución de emisiones de gases efecto invernadero
15	Mejor calidad de producto o servicio
16	Identificar oportunidades de ahorro en otros recursos
17	Conseguir objetivos de seguridad y salud
18	Incrementar la Estabilidad económica, reducción de riesgos por costos energéticos

Nota: La tabla representa los impactos que son identificados en los casos de estudio presentados en el subcapítulo anterior y mediante los cuales se realiza el posterior análisis, junto a su código correspondiente.

Donde:

- El impacto 1 hace referencia a que el personal crezca y adquiera nuevas capacidades que conlleven a mejor trabajo en la empresa.
- El impacto 2 hace referencia a la utilización de los recursos ahorrados mediante la implantación del EnMS para lanzar nuevos productos o líneas.
- El impacto 3 se trata de que la alta gerencia se acerque más a los trabajadores y demás miembros de la organización, fortaleciendo las relaciones y haciéndose siempre presente y demostrando liderazgo.
- El impacto 4 se refiere a aprovechar apoyos y beneficios que el gobierno u otro tipo de entidades brindan al mejorar la eficiencia energética de la organización, disminuir los consumos y emisiones, así como, no incurrir en multas o sanciones debido a lo contrario.
- El impacto 5 trata fundamentalmente de la disminución de la cantidad de energía utilizada por la organización para llevar a cabo sus actividades y el ahorro monetario que trae consigo.
- El impacto 6 está relacionado con la consecución de objetivos planteados con anterioridad por la organización, enfocados en crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y bienestar social.
- El impacto 7 se traduce en una mejora en el clima laboral y la toma de conciencia de las personas que hacen parte de la organización.
- El impacto 8 hace referencia a que el uso más eficiente de los equipos, en función de la reducción de consumo, incremente su vida útil.
- El impacto 9 está relacionado con que la experiencia en la implementación del sistema de gestión de la energía basado en la norma ISO 50001, motive a la empresa a implementar otros sistemas de gestión.
- El Impacto 10 hace referencia a que la implementación del EnMS permita un crecimiento, en tamaño, de la organización y así, la contratación de más personal.
- El impacto 11 tiene como fundamento la consecución de resultados y metas de ahorro sin inyectar una cantidad considerable de capital.
- El impacto 12 se relaciona a tener procesos más eficaces y eficientes, no solo en temas energéticos sino en temas de calidad, ambientales, entre otros.

- El impacto 13 tiene por punto clave la atracción de mayor cantidad de clientes, mediante factores de responsabilidad energética y ambiental, que tienen efecto en la conciencia de los mismos consiguiendo su preferencia; junto a factores económicos, relacionados a una capacidad de bajar los precios a los productos, lo cual siempre es atractivo para los clientes.
- El impacto 14 hace referencia al cambio de la matriz energética de la propia organización, pasar a utilizar energías más limpias.
- El impacto 15 tiene que ver con una relación directa entre la implementación del EnMS sobre un mejor cumplimiento de los requisitos del cliente.
- El impacto 16, tiene la connotación de generar una cultura de ahorro no solamente de la energía, por ejemplo, de agua, materias primas, entre otros.
- El impacto 17 se relaciona con un mayor bienestar de los empleados, es decir ayudar a la consecución de objetivos de índole SST previamente establecidos.
- Y por último el impacto 18, el cual hace referencia a la organización sea más resistente a factores externos relacionados con temas energéticos.

Con base en los anteriores impactos o beneficios, se lleva a cabo una matriz que relaciona los 20 casos de estudio descritos. En donde, tendrá una X si el impacto descrito por su determinado código es aplicable o se observa para cada caso específico. Y es presentada a continuación:

Figura 37

Matriz de frecuencia de impactos en los casos de estudio

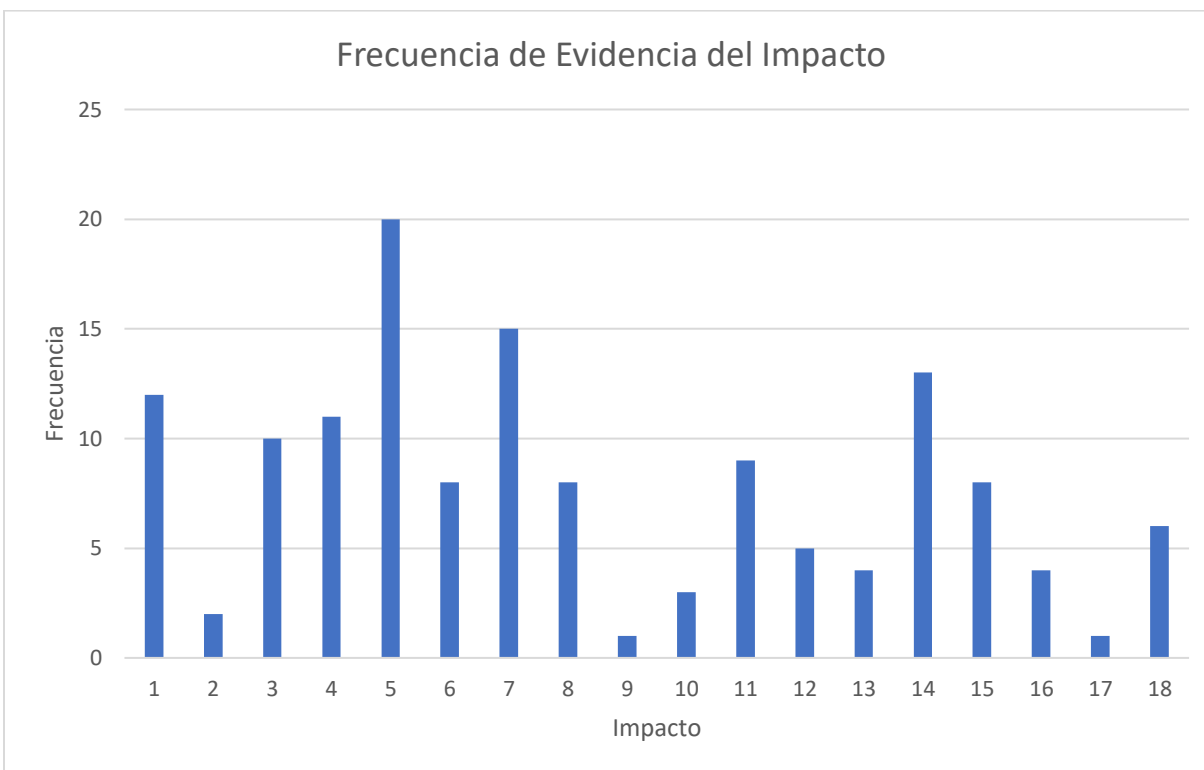
CASO DE ESTUDIO	IMPACTOS																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
(Jekabsone et al., 2020)	X		X	X	X		X			X				X				X
(Castrillón-Mendoza et al., 2020)					X	X		X						X	X			
(Areej Vegetable Oils & Derivatives S.A.O.C (AVOD), 2019)	X	X	X	X	X		X	X			X		X	X	X	X		X
(Soto et al., 2015)					X				X		X	X						
(Dall'O' et al., 2020)	X		X		X	X	X			X				X	X		X	
(Díaz et al., 2018)	X				X			X										
(Al-Qallaf et al., 2017)	X		X	X	X	X	X						X	X		X		X
(Mohamad et al., 2014)			X	X	X						X			X				
(Iswahyudi et al., 2020)				X	X	X	X						X	X				X
(Castrillon et al., 2013)	X				X		X											
(Ocampo Batlle et al., 2020)					X	X	X				X			X				
(Pelser et al., 2018)	X				X		X	X			X	X			X			
(Purwanggono et al., 2019)	X		X	X	X		X	X				X			X			
(Tejera et al., 2017)	X		X	X	X		X						X	X	X			X
(Tunc et al., 2016)		X		X	X										X			X
(Velázquez et al., 2013)			X	X	X	X	X							X				
(Verenych & Hudoshnyk, 2020)	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X		X		X		
(Vieira et al., 2018)					X		X				X							
(Voltz et al., 2017)	X		X	X	X	X	X	X			X			X		X		
(Abad & Wu, 2014)	X				X		X	X			X	X		X	X			
Sumatoria	12	2	10	11	20	8	15	8	1	3	9	5	4	13	8	4	1	6

Nota: La figura representa una matriz que evalúa si el impacto descrito y codificado en la tabla 10, es evidenciado en cada uno de los 20 casos de estudio descritos, X si es alcanzado.

Se realiza la sumatoria de cada impacto para determinar su frecuencia y se procede a graficar los resultados. Mismos que se pueden ver a continuación en el diagrama de barras:

Figura 38

Frecuencia de evidencia de impactos en los casos de estudio

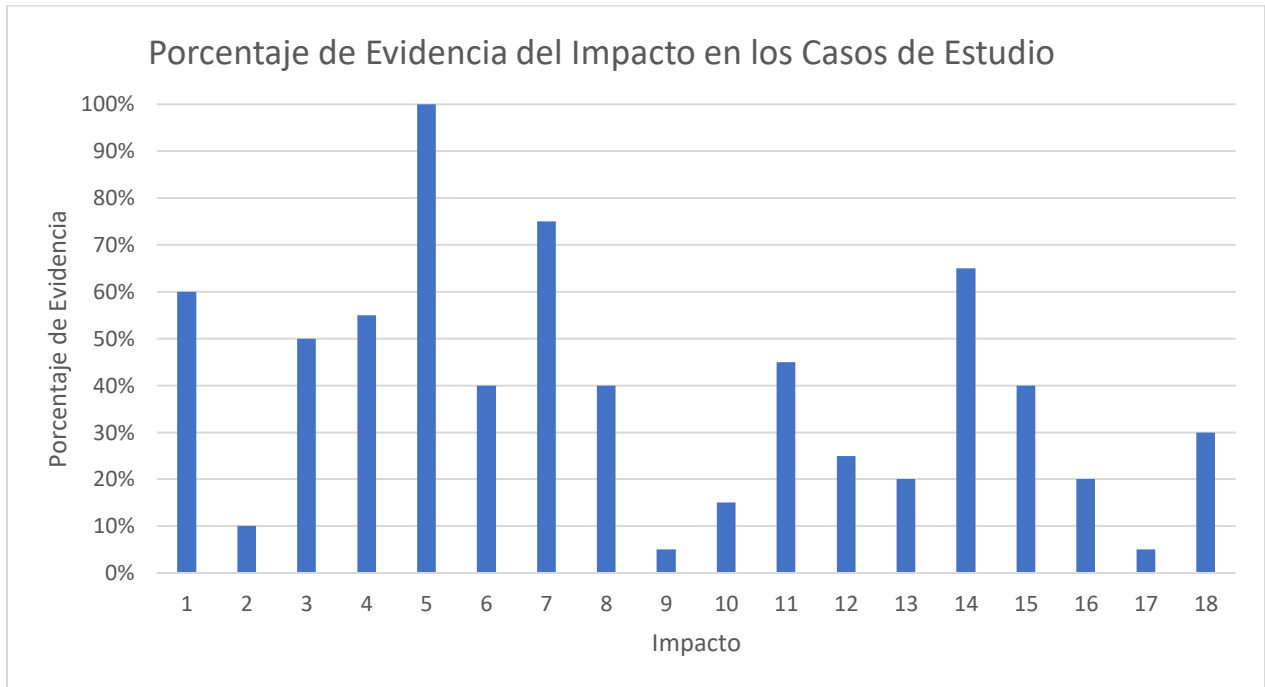


Nota: La figura representa un gráfico de barras, en donde se evalúa la frecuencia en la que cada uno de los impactos codificados se evidencia en los casos de estudio.

Teniendo en cuenta que son 20 los casos de estudio se puede calcular un porcentaje y presentar la gráfica en función de esos porcentajes. Entonces se tendría la siguiente figura:

Figura 39

Porcentaje de evidencia de impactos en los casos de estudio



Nota: La figura representa un gráfico de barras, en donde se evalúa el porcentaje en la que cada uno de los impactos codificados se evidencia en los casos de estudio.

Como se puede evidenciar en ambas gráficas, los 5 impactos más comunes dada su frecuencia son los relacionados al código 1, 7, 14, 1 y 4, respectivamente en ese orden. Eso quiere decir que el principal beneficio que trae la implementación de la Norma ISO 50001 para el establecimiento de un sistema de gestión de la energía, es la Reducción de Consumo y Costos Asociados, es decir aumentar el desempeño y la eficiencia energética como era de esperarse por lo detallado a lo largo de este trabajo. En segundo lugar, se logra una mejora de la cultura de la organización y motivación de los trabajadores, debido a que la norma presenta un enfoque muy fuerte hacia la toma de conciencia de los trabajadores para que desde ellos se dé la mejora y el incremento en eficiencia energética. En tercer lugar, Mejorar la sostenibilidad ambiental, incrementar el uso de energía renovables, disminución de emisiones de gases efecto invernadero; esto se debe a que al reducir el consumo de energía directamente se reduce las emisiones y a sí mismo, al buscar tecnologías más eficientes para equipos y maquinaria puede darse el caso de realizar un cambio a energías renovables. En cuarto lugar,

Desarrollar el conocimiento y habilidades del personal; la explicación va de la mano con la generación de cultura y la necesidad de entrenar al personal para que puede cumplir con los requisitos del sistema y de los planes de acción. En quinto lugar, Mejora de relaciones con el gobierno y demás partes interesadas, toma de beneficios y evasión de multas e impuestos; ya que se estará cumpliendo con las nuevas normativas legales impulsadas por esta tendencia a la eficiencia energética en los diferentes países. Finalmente, es de resaltar que todos los casos de estudio tienen implementada la norma en su versión 2011 debido a lo reciente de la versión actualizada.

6.3. Análisis del Impacto de la ISO 50001 en la Competitividad y Productividad de las Organizaciones

Como se ha resaltado a lo largo de este trabajo, la implementación de la norma ISO 50001 en las organizaciones tiene un gran impacto, brindando una gran variedad de beneficios como ya se mostró anteriormente. De manera que, si se realiza una evaluación detallada de varios de ellos, se puede observar que están relacionados a la competitividad y productividad de las organizaciones.

Al reducirse los costos manteniendo la misma calidad y cantidad del producto o servicio que desarrolle la organización, esta presenta mayor productividad y competitividad. Competitividad en el sentido de que una reducción de costos permite bajar el precio al producto, manteniendo las mismas ganancias o incluso mejorándolas; está en una ventaja competitiva segura en un mercado donde el cliente se guía en gran parte por el precio ante dos productos de la misma calidad. Productividad en el hecho de que ese margen de ganancia o utilidad adicional, puede utilizarse para incrementar la capacidad de la organización y así seguir creciendo; aparte del simple hecho de que producir el mismo producto con menor cantidad de recursos ya hace a la empresa más productiva.

Por otra parte, tener apoyo del gobierno y demostrar mediante acciones que la organización es ambientalmente amigable, genera valor desde el punto de vista del cliente. Es decir, la visibilidad y el buen nombre que gana la empresa, es una ventaja competitiva en si misma que se verá reflejada monetariamente. Así mismo, el crecimiento

del personal, tanto en cultura como en habilidades, permite a la organización crecer y ser más productiva.

Entonces teniendo lo anterior en cuenta, se vuelve a construir la matriz del numeral anterior, pero con 2 nuevos impactos. Explícitamente el incremento de la competitividad, con el código 19 y el aumento de la productividad, con el código 20. Siendo el resultado el siguiente:

Figura 40

Matriz de frecuencia de impactos con competitividad y productividad

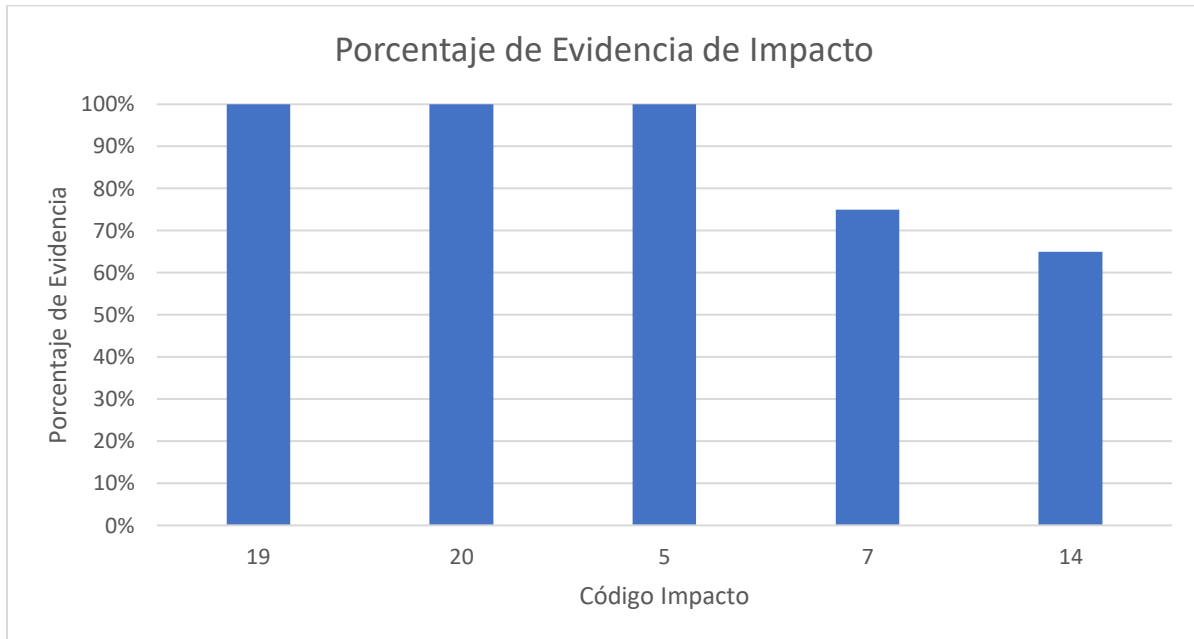
CASO DE ESTUDIO	IMPACTOS																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
(Jekabsone et al., 2020)	X		X	X	X		X			X				X				X	X	X
(Castrillón-Mendoza et al., 2020)					X	X		X						X	X				X	X
(Areej Vegetable Oils & Derivatives S.A.O.C (AVOD), 2019)	X	X	X	X	X		X	X			X		X	X	X	X		X	X	X
(Soto et al., 2015)					X				X		X	X							X	X
(Dall'O' et al., 2020)	X		X		X	X	X			X				X	X		X		X	X
(Díaz et al., 2018)	X				X			X											X	X
(Al-Qallaf et al., 2017)	X		X	X	X	X	X						X	X		X		X	X	X
(Mohamad et al., 2014)			X	X	X						X			X					X	X
(Iswahyudi et al., 2020)				X	X	X	X						X	X				X	X	X
(Castrillon et al., 2013)	X				X		X												X	X
(Ocampo Batlle et al., 2020)					X	X	X				X			X					X	X
(Pelser et al., 2018)	X				X		X	X			X	X			X				X	X
(Purwanggono et al., 2019)	X		X	X	X		X	X				X			X				X	X
(Tejera et al., 2017)	X		X	X	X		X						X	X	X			X	X	X
(Tunc et al., 2016)		X		X	X										X			X	X	X
(Velázquez et al., 2013)			X	X	X	X	X							X					X	X
(Verenych & Hudoshnyk, 2020)	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X		X		X			X	X
(Vieira et al., 2018)					X		X				X								X	X
(Voltz et al., 2017)	X		X	X	X	X	X	X			X			X		X			X	X
(Abad & Wu, 2014)	X				X		X	X			X	X		X	X				X	X
Sumatoria	12	2	10	11	20	8	15	8	1	3	9	5	4	13	8	4	1	6	20	20

Nota: La figura representa una matriz que evalúa si el impacto descrito, es evidenciado en cada uno de los 20 casos de estudio descritos, teniendo en cuenta la productividad y competitividad, X si es alcanzado.

Traduciendo esos nuevos resultados a una gráfica, donde se muestra los 5 impactos de mayor importancia según su frecuencia se tiene la siguiente figura:

Figura 41

Porcentajes más altos de evidencia de impactos en los casos de estudio



Nota: La figura representa un gráfico de barras, en donde se evalúa el porcentaje de los 5 impactos que más se evidencian en los casos de estudio.

Se puede observar que el incremento de productividad y competitividad, código 19 y 20, están en el primer lugar, como era de esperarse. Debido a que siempre que se implementa de manera exitosa un sistema de gestión de la energía basado en la Norma ISO 50001, tiene un impacto positivo en la Competitividad y Productividad de la organización.

CONCLUSIONES

Los hallazgos de este estudio señalan la relación directa de la implementación de un sistema de gestión de la energía la norma ISO 50001 con el aumento de la productividad y competitividad de la organización; a través del incremento de su eficiencia energética, logrando producir más con menos recursos. Otros beneficios clave como el incremento de las habilidades, conocimientos y experiencia del personal, es decir su competencia y la creación de una cultura hacia el ahorro mediante la toma de conciencia del mismo; permiten que la organización crezca. A la par o incluso más allá del crecimiento del personal, la gerencia y su liderazgo también se ve fortalecida, demostrando cada vez más su participación y apoyo.

Por otra parte, dada la tendencia mundial hacia cualquier estrategia para disminuir, minimizar y finalmente detener el cambio climático, entre ellas la eficiencia energética; hará que la Norma ISO 50001 tome cada vez más valor y sea más utilizada por las diversas organizaciones alrededor del mundo. Como se determinó en el contenido del trabajo, uno de los beneficios de un sistema de gestión de la energía basado en la ISO 50001, es aprovechar los incentivos y evitar las multas o sanciones por parte de las entidades gubernamentales que están en pro de una disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global.

Así mismo, una característica de gran valor que fue identificada en el análisis de los casos de estudio, es la baja inversión necesaria para conseguir resultados considerables. En todos los casos donde es mencionado este ítem, las inversiones por la implementación del sistema claramente están presentes, pero son recuperadas en un periodo de tiempo muy corto, y las metas energéticas trazadas inicialmente son fácilmente alcanzadas sin la necesidad de invertir un capital fuerte en los planes de acción. El factor clave para el éxito y la consecución de los beneficios e impactos anteriormente descritos, es una definición apropiada de los indicadores de desempeño energético EnPI, que permitan la medición acertada del estado energético de la organización en cualquier momento; y la modelación de la línea base energética, que refleje el comportamiento del consumo energético del pasado y permita predecir el

comportamiento futuro con un alto grado de certeza, para así identificar el donde atacar e identificar los resultados.

RECOMENDACIONES

En el momento de implementar el sistema de gestión de la energía basado en la Norma ISO 50001, se recomienda contar con un miembro del equipo con alto grado de conocimiento y habilidades matemáticas, de modelación y simulación. Esto con el fin de obtener una Línea Base Energética, capaz de cumplir a cabalidad su función y de esta manera tener un pilar fuerte sobre el cual trabajar el sistema.

Además, se recomienda la utilización de la norma de apoyo ISO 50006, para la definición de los indicadores de desempeño energético y tomarla de guía para el desarrollo de las diferentes actividades que las implican.

Finalmente, como recomendaciones para futuras investigaciones, dado que este trabajo no propuso una delimitación espacial por la cantidad de información disponible acerca de la ISO 50001 en estos momentos; se recomienda realizar una investigación centrada en el contexto latinoamericano y de ser posible, en el contexto colombiano. Lo anterior con el fin de determinar con un mayor grado de cercanía, las implicaciones de esta herramienta en las organizaciones.

Del mismo modo, se evidenció que todos los casos de estudio habían implementado la norma en su versión 2011. Por tanto, se recomienda evaluar y analizar nuevos casos que hayan logrado implementar con éxito la norma ISO 50001 en su versión 2018.

BIBLIOGRAFÍA

Abad, J., & Wu, B. (2014). Energy Efficient Manufacturing and Supply Systems – Case Studies and Results. *Applied Mechanics and Materials*, 598, 652-655.

10.4028/www.scientific.net/AMM.598.652

Agencia Europea de Medio Ambiente, (AEMA). (2017). *Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por Sector*. (). Bruselas: Europarl.

Al-Qallaf, E. Y. E., Owayed, E. F., & Rao, E. P. (2017). Efficient energy management system at Kuwait oil company, Kuwait, a case study. *International Journal of Energy Production and Management*, 2(4), 352-359. 10.2495/EQ-V2-N4-352-359

Areej Vegetable Oils & Derivatives S.A.O.C (AVOD). (2019). ISO 50001 Energy Management System Case Study Sultanate of Oman. *Sultanate of Oman*, 1, 1-6.

Bonacina, F., Corsini, A., De Propriis, L., Marchegiani, A., & Mori, F. (2015). Industrial Energy Management Systems in Italy: State of the Art and Perspective. *Energy Procedia*, 82, 562-569. 10.1016/j.egypro.2015.11.871

Castrillon, R., González, A. J., & Quispe, E. C. (2013). Energy Efficiency Improvement In The Cement Industry By Wet Process Through Integral Energy Management System Implementation. *Dyna*, 177(1), 115-123.

Castrillón-Mendoza, R., Rey-Hernández, J. M., & Rey-Martínez, F. J. (2020). Industrial Decarbonization by a New Energy-Baseline Methodology. Case Study. *Sustainability (Basel, Switzerland)*, 12(5), 1960. 10.3390/su12051960

Correa, A. (2019). *No Olvidaras los Impactos Organizacionales*. (). Madrid: AC.

- Cunha, P., Neves, S. A., Marques, A. C., & Serrasqueiro, Z. (2020). Adoption of energy efficiency measures in the buildings of micro-, small- and medium-sized Portuguese enterprises. *Energy Policy*, 146, 111776. 10.1016/j.enpol.2020.111776
- Dall'O', G., Ferrari, S., Bruni, E., & Bramonti, L. (2020). Effective implementation of ISO 50001: A case study on energy management for heating load reduction for a social building stock in Northern Italy. *Energy and Buildings*, 219, 110029. 10.1016/j.enbuild.2020.110029
- daSilva, V., & MilHomens, F. (2019). Energy management system ISO 50001:2011 and energy management for sustainable development. *Energy Policy*, 133, 110868. 10.1016/j.enpol.2019.07.004
- Deming, W. E. (1989). *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis* (Ilustrada ed.). ilustrada.
- Díaz, J. A., Ramos, J. S., Delgado, M. C. G., García, D. H., Montoya, F. G., & Domínguez, S. Á. (2018). A daily baseline model based on transfer functions for the verification of energy saving. A case study of the administration room at the Palacio de la Madraza, Granada. *Applied Energy*, 224, 538-549. 10.1016/j.apenergy.2018.04.060
- Environmental and Energy Study Institute, (EESI). (2020). *Energy Efficiency* (1st ed.). Environmental and Energy Study Institute (EESI).
- EuropaPress, A. d. D. (2020). *Cambio Climático Datos Gráficos*. (). Europa: epdata.
- Fletcher, A. (2018). *ISO 50001:2018 Guía de Implantación de Sistemas de Gestión de la Energía*. National Qualifications Authority (NQA).

- Fuchs, H., Aghajanzadeh, A., & Therkelsen, P. (2020). Identification of drivers, benefits, and challenges of ISO 50001 through case study content analysis. *Energy Policy*, 142(C), 111443. 10.1016/j.enpol.2020.111443
- Gopalakrishnan, B., Ramamoorthy, K., Crowe, E., Chaudhari, S., & Latif, H. (2015). A structured approach for facilitating the implementation of ISO 50001 standard in the manufacturing sector. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 7, 154-165. 10.1016/j.seta.2015.04.006
- Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta Edición ed.). Mc Graw Hill Education.
- International Dynamic Advisors (Intedya). (2018). *ISO 50001:2018 Gestión de la Energía*. Intedya.
- International Energy Agency, (. (2016). *Indicadores de Eficiencia Energética: Fundamentos Estadísticos*. IEA.
- International Organization for Standardization, (ISO). (2011). *Norma Internacional ISO 50001: 2011 Sistemas de gestión de la energía — Requisitos con orientación para su uso* (1st ed.). ISO.
- International Organization for Standardization, (ISO). (2014). *ISO 50006:2014 Energy management systems - Measuring energy performance using energy baseline (EnB) and Energy performance indicators (EnPI) - General principles and guidance* (1st ed.). ISO.
- International Organization for Standardization, (ISO). (2015). *ISO 9000:2015 Fundamentos y Vocabulario* (2nd ed.). ISO.

International Organization for Standardization, (ISO). (2019). *NTC-ISO 50001: 2018 Sistemas de Gestión de Energía. Requisitos con Orientación para su Uso* (2nd ed.). ICONTEC.

ISOTools. (2015). *La Norma ISO 50001:2011 y la Gestión de la Energía* (Argentina ed.). Argentina: ISOTools.

ISOTools. (2020). *ISO 50001*. <https://www.isotools.org/normas/medio-ambiente/iso-50001>

Iswahyudi, Mahesthi, A., Pramono, A., Rewah, S., Sudarsih, S., & Purnomo, R. (2020). Implementation of energy management system ISO 50001:2011 in Pt Semen Tonasa: Sharing experience . *AIP Conference Proceedings*, 2197(030006), 1-10. <https://doi.org/10.1063/1.5140898>

Jekabsone, A., Kamenders, A., & Rosa, M. (2020). Implementation of Certified Energy Management System in Municipality. Case Study. *Environmental and Climate Technologies*, 24(2), 41-56. 10.2478/rtuect-2020-0053

Jovanović, B., & Filipović, J. (2016). ISO 50001 standard-based energy management maturity model – proposal and validation in industry. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2744-2755. 10.1016/j.jclepro.2015.10.023

Kals, J. (2015). *ISO 50001 Energy Management Systems* (1st ed.). Business Expert Press.

Kanneganti, H., Gopalakrishnan, B., Crowe, E., Al-Shebeeb, O., Yelamanchi, T., Nimbarte, A., Currie, K., & Abolhassani, A. (2017). Specification of energy assessment methodologies to satisfy ISO 50001 energy management standard. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 23(C), 121-135. 10.1016/j.seta.2017.09.003

Malinauskaite, J., Jouhara, H., Egilegor, B., Al-Mansour, F., Ahmad, L., & Pusnik, M. (2020). Energy efficiency in the industrial sector in the EU, Slovenia, and Spain. *Energy (Oxford)*, 208, 118398. 10.1016/j.energy.2020.118398

Mariano-Hernández, D., Hernández-Callejo, L., Zorita-Lamadrid, A., Duque-Pérez, O., & Santos García, F. (2021). A review of strategies for building energy management system: Model predictive control, demand side management, optimization, and fault detect & diagnosis. *Journal of Building Engineering*, 33, 101692. 10.1016/j.jobbe.2020.101692

McKane, A., Therkelsen, P., Scodel, A., Rao, P., Aghajanzadeh, A., Hirzel, S., Zhang, R., Prem, R., Fossa, A., Lazarevska, A. M., Matteini, M., Schreck, B., Allard, F., Villegal Alcántar, N., Steyn, K., Hürdoğan, E., Björkman, T., & O'Sullivan, J. (2017). Predicting the quantifiable impacts of ISO 50001 on climate change mitigation. *Energy Policy*, 107(C), 278-288. 10.1016/j.enpol.2017.04.049

Mohamad, F., Abdullah, N. H., Kamaruddin, N. K., & Mohammad, M. Implementation of ISO50001 energy management system. Paper presented at the 275-280. 10.1109/ISTMET.2014.6936518 <https://ieeexplore.ieee.org/document/6936518>

Ocampo Batlle, E. A., Escobar Palacio, J. C., Silva Lora, E. E., Martínez Reyes, A. M., Melian Moreno, M., & Morejón, M. B. (2020). A methodology to estimate baseline energy use and quantify savings in electrical energy consumption in higher education institution buildings: Case study, Federal University of Itajubá (UNIFEI). *Journal of Cleaner Production*, 244, 118551. 10.1016/j.jclepro.2019.118551

Pelser, W. A., Vosloo, J. C., & Mathews, M. J. (2018). Results and prospects of applying an ISO 50001 based reporting system on a cement plant. *Journal of Cleaner Production*, 198, 642-653. 10.1016/j.jclepro.2018.07.071

- Pham, T. H. H. (2015). Energy management systems and market value: Is there a link? *Economic Modelling*, 46, 70-78. 10.1016/j.econmod.2014.12.038
- Purwanggono, B., Ferastra, K., & Bachtiar, A. (2019). Critical Success Factors Evaluation of the ISO 50001 Energy Management System Implementation (Case study: PT. APAC INTI CORPORA, Bawen, Semarang Indonesia). *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*, 598, 12115. 10.1088/1757-899X/598/1/012115
- RAE, Real Academia de la Lengua Española. (2020). RAE. <https://dle.rae.es/>
- Scopus. (2020). Scopus. <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2080/search/form.uri?display=basic>
- Soto, J. C., Borroto Nordelo, A. E., Mamadou Alpha Bah, González Álvarez, R., Maidelis Curbelo Martínez, & Ana Margarita Díaz Rodríguez. (2015). Design and implementation of a planning process for energy according to NC-ISO 50001:2011. *Ingeniería Energética*, 35(1) <https://doaj.org/article/647ec76c6656461ca46cea083a45c551>
- Tejera, J. M., Rios, G., Martínez, T., & Palacios, M. (2017). Energy Management Systems in Copper Smelting: The Atlantic Copper Case Study. *Energy Efficiency in the Minerals Industry* (pp. 251-269). Springer International Publishing. 10.1007/978-3-319-54199-0_14
- Tunc, M., Kaplan, K., Sisbot, S., Camdali, U., Tunc, M., Kaplan, K., & Sisbot, S. (2016). Energy management and optimization: case study of a textile plant in Istanbul, Turkey. *World Journal of Engineering*, 13(4), 348-355. <http://dx.doi.org/10.1108/WJE-08-2016-046>

- Türkoğlu, S. P., & Kardoğan, P. S. Ö. (2018). *The Role and Importance of Energy Efficiency for Sustainable Development of the Countries*. ResearchGate. 10.1007/978-3-319-64349-6_5
- TÜV UK. (2015). *ISO 50001 (EnMS)*. TÜV.
- Valderrama Ramírez, L. E. (2018). *Estado del Arte Sobre el Impacto del Sistema de Gestión Ambiental Basado en ISO 14001 en la Sostenibilidad de las Organizaciones*. Fundación Universidad de América.
- Velázquez, D., González-Falcón, R., Pérez-Lombard, L., Marina Gallego, L., Monedero, I., & Biscarri, F. (2013). Development of an energy management system for a naphtha reforming plant: A data mining approach. *Energy Conversion and Management*, 67, 217-225. 10.1016/j.enconman.2012.11.016
- Verenych, O., & Hudoshnyk, D. (2020). Sustainability Ecosystems: Control of the Energy Efficiency as One of the Aspects of the Digital Ecosystems (Case Study for Ukraine). *University of Canberra*,
- Vieira, R. S., Calili, R. F., Aranha, A. S., & Fabbriani, L. F. (2018). Energy Savings Resulting from Energy Management Program Using Measurement and Verification Procedure. *Journal of Physics. Conference Series*, 1044, 12028. 10.1088/1742-6596/1044/1/012028
- Voltz, T., Grischek, T., & Mushe, F. (2017). Case Studies in Energy Management: Experience From Germany. *Journal AWWA*, 109(1), 10-26.