

CONTRIBUCIÓN AL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EMPRESA CÁRNICA DE HOLGUÍN

Por Dr. C. Lic. **Lilian Rosa González López***, M. Sc. Prof. Aux. **Ángel Eugenio Infante Haynes****,
M. Sc. Prof. Inst. **Manuel Germía Rodríguez Romero*****,
M. Sc. Prof. Inst. **Eliéser Ricardo Morales****** y Lic. **Zaily Dorado Rojas*******

*Empresa Cárnica de Holguín, Holguín, Cuba.

<https://orcid.org/0009-0003-5592-8009>

E-mail: lilianrosa@gmail.com

**Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.

<https://orcid.org/0000-0002-6462-5339>

E-mail: ainfantehaynes@gmail.com

***Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.

<https://orcid.org/0009-0002-2142-4542>

E-mail: jere67rod@gmail.com

**** Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.

<https://orcid.org/0000-0002-0251-0798>

E-mail: elieserasertec@gmail.com

*****Salud Municipal Holguín, Holguín, Cuba.

<https://orcid.org/0009-0007-6478-1917>

E-mail: zailydorado821@gmail.com

Resumen

En la investigación se aplicó un procedimiento con enfoque multicriterio para evaluar, auditar y diagnosticar los sistemas de gestión de la energía y contribuir al mejoramiento de la eficiencia energética mediante la aplicación de la norma cubana NC ISO 50001: 2018. Se eliminaron las no conformidades en la organización objeto de estudio y se implementaron herramientas informáticas para el procesamiento de las encuestas realizadas a los expertos, previamente seleccionados. Finalmente, se validó la solución encontrada con el *Método multicriterio subjetivo de ordenación simple*.

Palabras clave: NC ISO 50001: 2018; Método multicriterio subjetivo de ordenación simple.

CONTRIBUTION TO THE IMPROVEMENT OF ENERGY EFFICIENCY IN THE HOLGUÍN MEAT ENTERPRISE

Abstract

The research applied a multi-criteria approach procedure to evaluate, audit and diagnose energy management systems and contribute to the improvement of energy efficiency through the application of the Cuban standard NC ISO 50001: 2018. Non-conformities in the organisation under study were eliminated and computer tools were implemented to process the surveys carried out with the previously selected experts. Finally, the solution found was validated with the *Subjective multi-criteria method of simple ordering*.

Keywords: NC ISO 50001: 2018; Subjective multi-criteria method of simple ordering.

I. Introducción

La demanda a nivel global de energía todavía se satisface, esencialmente, con combustibles fósiles (30 % de petróleo, 27 % de carbón y 20 % de gas), siendo las principales fuentes de producción de electricidad, el carbón (38 %), el gas (23 %) y la hidroeléctrica (16 %), por lo que las emisiones de CO₂ en el sector energético, después de permanecer estáticas durante varios años, aumentaron y se espera un mayor crecimiento en los próximos años.

La eficiencia energética será crucial para mantener bajos los niveles de consumo, que de otro modo aumentarían para duplicar la cantidad estimada. La revolución del gas de esquisto continúa liderada por EE.UU., el principal productor de petróleo y gas del mundo (Global Energy Review 2019).

América Latina y el Caribe no escapan a dicha problemática. El panorama energético de estos países es similar: incremento en el consumo energético; combustibles fósiles como fuente de energía prioritaria; elevación de los precios de los combustibles al ser muy pocos los países que mantienen programas de eficiencia energética de largo plazo; y la baja incorporación de tecnologías eficientes que aporten al sector energético.

La política energética en Cuba está encaminada, desde el Triunfo de la Revolución, a la satisfacción de las necesidades de todos los cubanos, factor fundamental para la subsistencia y el desarrollo, por lo que es imprescindible el ahorro de energía y emprender programas de ahorro de combustibles sobre la base de una cultura energética encaminada al logro de un desarrollo independiente, seguro y sostenible, con el máximo ahorro en su uso final y la utilización de tecnologías de alta eficacia.

El ahorro de energía y la eficiencia energética son una oportunidad para la reducción de costos, siendo el primer paso a la hora de implantar una gestión energética sustentable en las instalaciones. Son varias las posibilidades de ahorro energético en los sectores privado y estatal, lo que permite, de manera óptima, hacer uso de las tecnologías existentes y, diseñar y aplicar un sistema integrador de todas estas en función de la eficiencia en la gestión energética.

En la UEB Producciones Especiales de la Empresa Cárnica de Holguín, aunque existe un Sistema de Gestión de la Energía (SGE), se ha demostrado que este sistema no cumple lo establecido en la NC ISO 50001: 2018 en sus criterios de implementación, por ejemplo: comprensión de las necesidades y expectativa de las partes interesadas, roles, responsables y autoridad organizativa; acciones para tratar riesgos y oportunidades; conocer la revisión energética, las líneas y bases energéticas; conocer los recursos necesarios; conocer las competencias de cada persona de la organización; tener conciencia de la participación en los SGE, garantizando la comunicación. Todo lo anterior conduce a que la información no se encuentra documentada, por lo que nuestro objeto de investigación fue el Sistema de Gestión de la Energía en la Empresa Cárnica, lo que nos llevó a establecer como objetivo de la investigación: contribuir a perfeccionar la eficiencia energética mediante la evaluación e implementación de la NC ISO 50001: 2018, para permitir la mejora continua del sistema de eficiencia energética.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), sostenidos en la Agenda 2030 para este fin, son una oportunidad y un llamado para que los países y sus sociedades emprendan un nuevo camino con el que se logre mejorar la vida de todos.

Los sistemas de gestión de la energía basados en el estándar ISO 50001 apoyan a los tres pilares del desarrollo sostenible:

Económico: busca mejorar la competitividad de las organizaciones al contar con procesos estandarizados para la ejecución y evaluación de proyectos de energía y ahorro.

Social: la norma promueve la participación de la sociedad que interviene con el desempeño energético, y busca alentar el consumo responsable de los recursos energéticos de todos los usuarios de la energía.

Ambiental: ayuda en la cuantificación y la reducción de los consumos de energía y, por ende, de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) al implementar mejores prácticas energéticas y la innovación como herramientas sistemáticas.

El estándar ISO 50001 apoya de varias formas el cumplimiento de diversos ODS, no obstante, se ha identificado el beneficio directo o específico en cinco de ellos:

ODS 7: garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.

ODS 9: construir una infraestructura resiliente, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación. Integrar la eficiencia energética en las prácticas diarias de los negocios de las organizaciones para un incremento sustentable de la productividad y competitividad.

ODS 11: lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Fortalecer políticas y marcos regulatorios para un mejor desempeño sustentable de la eficiencia energética en los diferentes sectores consumidores de recursos energéticos.

ODS 12: garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. Acelerar la adopción y amplia difusión de las prácticas y tecnologías de la mejora del desempeño energético para cualquier tipo de organización.

Igualmente, existe un grupo de normas que rigen las diferentes fuentes renovables de energías, por ejemplo:

1. IEC/TC 82: para los sistemas de energía solar fotovoltaica.
2. IEC/TC 88: para los sistemas de generación de energía eólica.
3. IEC/TC 105: para las tecnologías de celda de combustibles.
4. IEC/TC 114: para los sistemas de energías marinas, mareas y olas.
5. IEC/TC 117: para las plantas eléctricas de energía solar-térmica.

¹ N. del A.: La palabra comprensión es un criterio de la dimensión Contexto de la organización

II. Materiales y métodos

Los sistemas de gestión de la energía establecen requisitos en una organización para la mejora de su desempeño y eficiencia energéticos, reducir los impactos ambientales e incrementar su competitividad dentro de los mercados en que participan sin sacrificar la producción.

El concepto de desempeño energético es clave para la comprensión del SGE, ya que incluye otros conceptos como el uso de la energía, eficiencia energética y consumo de energía. Los SGE, en primer lugar, deben contar con un sistema de política a llevar a cabo por cualquier organización, con un sistema de planificación que permita implementar y operar el sistema, así como verificar su interacción en la organización a través del monitoreo, mediciones, evaluaciones y análisis, de esta forma se encontrarán las no conformidades y se trazaran planes de mejoras continuas. Quiero esto decir que se debe:

- Planificar: se centra en entender el comportamiento energético de la organización para establecer los controles y objetivos necesarios que permitan mejorar su desempeño en este aspecto.
- Ejecutar: busca implementar procedimientos y procesos regulares con el fin de controlar y mejorar el desempeño energético.
- Verificar: consiste en monitorear procesos y productos en base a las políticas, objetivos y características claves de las operaciones, así como reportar los resultados.
- Actuar: Es la toma de acciones para mejorar continuamente el desempeño energético en base a los resultados.

Pasos para implementar los sistemas de gestión de la energía

1. Integrarlo al Plan Estratégico del Negocio y convertirla en una decisión estratégica de la organización.

2. Establecer el Plan de implementación por etapas, actividades, tiempos, responsables y recursos, para lo cual intervienen:

- Desarrollo del diagnóstico (análisis de brechas), situación actual de la organización en el cumplimiento a los requisitos de los SGE.
- Información de carácter general, organigrama, procesos establecidos, tendencia de la producción y datos que influyen en el consumo de energía.
- Documentación existente, políticas, objetivos legales, formación, comunicación, manuales, procedimientos y medición, auditoría interna, No conformidad y seguimiento por la dirección.
- Planes de mantenimiento de equipos consumidores de energía e instrucciones técnicas de control operacional de los equipos.
- Diagrama de flujo energético.
- Consumos de energía año anterior y año actual (valores mensuales y acumulado anual de electricidad, combustibles y otros).

- Auditorías o estudios energéticos previos de las instalaciones.
- Registro de balances energéticos (fuentes energéticas y consumo).
- Iniciativas de eficiencia energética.
- Listado de equipos de medición y planes de calibración de los mismos.
- Listado de equipos consumidores de energía y planes de mantenimiento de los mismos (descripción, equipo, potencia, rendimiento).
- Metas actuales de reducción del consumo de energía.
- Procedimiento de evaluación técnico-económica de proyectos nuevos.
- Procedimiento de Control de Equipos de Medición.

3. Conocer el contexto de la organización:

- ¿Cuál es el foco de las principales actividades desarrolladas por la organización?
- ¿Cuál es la importancia estratégica de la energía para el negocio?
- ¿Cuánto influye el costo de la energía en el negocio?
- ¿Cómo influyen las acciones relacionadas con sustentabilidad con las partes interesadas?
- ¿Cuáles son los riesgos relacionados con el uso y consumo de la energía para la organización?

4. Compromiso de la alta dirección:

- Definir, establecer, implementar y mantener la política energética.
- Proporcionar los recursos necesarios para establecer, implementar, mantener y mejorar el SGE y el desempeño energético resultante.
- Identificar el alcance y los límites a ser cubiertos por el SGE.
- Comunicar y hacer a los trabajadores conocedores de la gestión de la energía dentro de la organización.
- Establecer objetivos y metas energéticas de acuerdo con las características de la organización.
- Considerar el desempeño energético en la planificación a largo plazo y asegurar que los indicadores de desempeño energético (IDE) sean apropiados para la organización.
- Realizar, de manera periódica, revisiones por la gerencia.

5. Política del SGE, política de calidad, medioambiente y energía de la organización.

6. Planificación. Aquí debemos preguntarnos lo siguiente:

- ¿Cuánta energía se consume en la organización?
- ¿Qué oportunidades existen para mejorar el desempeño energético?
- ¿Cuál es la tendencia de consumo?
- ¿Qué variables inciden en el consumo de energía?
- ¿Qué indicadores pueden utilizarse para medir el desempeño energético?

- ¿Dónde se utiliza la energía?
- ¿Qué se hará para alcanzar los objetivos establecidos?
- ¿Qué personas impactan de manera relevante en el desempeño energético?
- ¿Cuál será el desempeño energético que se debe alcanzar?

Tomando en consideración la norma NC ISO 50001: 2018, antes mencionada, se propone el procedimiento siguiente:

1. Selección del equipo evaluador y el grupo de expertos.
2. Preparación del plan de evaluación para las diferentes áreas en dependencia de las dimensiones y los criterios.
3. Realización del diagnóstico de la gestión de la calidad del Sistema de Gestión de la Energía.
4. Análisis de los resultados.

Las encuestas realizadas fueron *siete*, llamado también número mágico de Miller. Según este autor, es el número ideal debido a que por debajo de esta cifra de encuestas no existirá consenso entre los expertos si alguno de ellos se inclinara más por una dimensión que otra; por encima del número, se podría introducir un nivel alto de incertidumbre que llevaría a un resultado erróneo (Romero, 1996). Las encuestas se procesaron a través de una herramienta diseñada por el autor en Excel, utilizando la media geométrica, según Saaty (1980) es la mejor forma o la forma más precisa de unificar los datos.

Modelo matemático adaptado y propuesto

Como se ha explicado, tenemos variables o dimensiones, y luego los criterios o funciones, primero se evaluaron las funciones a través de la expresión:

Fórmula 1

$$EF_{dg} = \frac{W_{dg} * C_{dg}}{10} \tag{1}$$

Siendo:

EF_{dg} : evaluación de la función d correspondiente al área g .
 W_{dg} : peso de la función d correspondiente al área g .
 C_{dg} : valoración promedio de la función d correspondiente al área g .

La suma de las evaluaciones de las funciones dará el resultado del área:

Fórmula 2

$$RA_g = \sum_{d=1}^{m_g} EF_{dg} \tag{2}$$

Siendo:

RA_g : resultado del área g ($g=1, \dots, n$).
 $d = 1 \dots m_g$: siendo m la cantidad de funciones a auditar en cada área g .

La evaluación de cada una de las áreas se calculará según la expresión siguiente:

Fórmula 3

$$EA_g = W_g * RA_g \tag{3}$$

Siendo:

EA_g : evaluación del área g .
 W_g : peso del área g .
 RA_g : resultado de las áreas 1, 2 y 3. Es necesario determinar el peso o importancia relativa de cada área y de cada función auditada, lo que deberá sustentarse en el análisis realizado por el equipo auditor.

Para la determinación de los pesos se propuso un procedimiento específico (Figura 1), basado en el *Método multicriterio subjetivo de ordenación simple* para la asignación de pesos. Este procedimiento consta de tres pasos los cuales se describen a continuación:

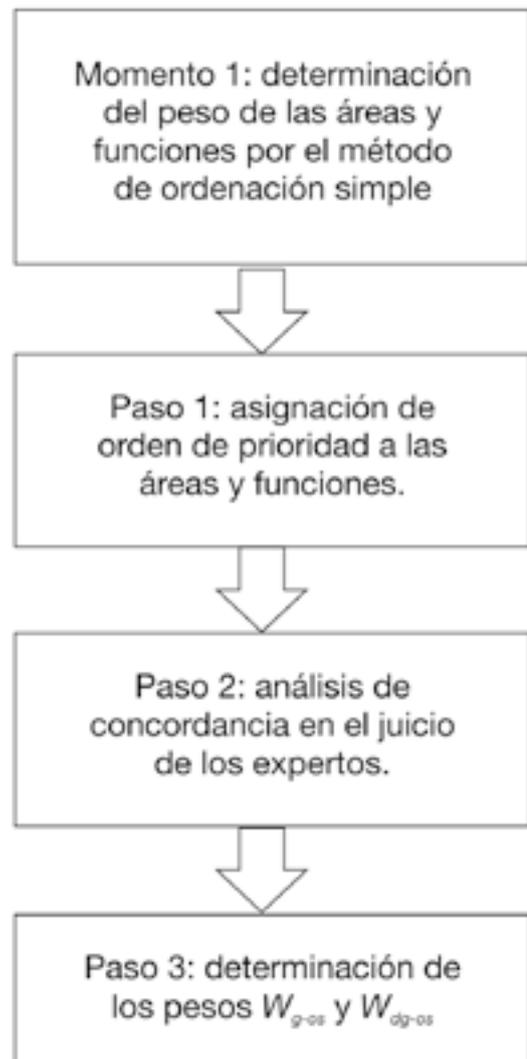


Fig. 1. Procedimiento de asignación de pesos por el *Método multicriterio subjetivo de ordenación simple* (Borroto, 2005).

1. Asignación de un orden de prioridad a las áreas y funciones

Los expertos asignan a las áreas y funciones un orden de prioridad, «de 1 a n » en el caso de las áreas, y «de 1 a mg » en el caso de las funciones, según la preferencia o nivel de importancia que poseen para el evaluador, de forma que el valor «1» representará el de menor importancia en la gestión del mantenimiento de la Empresa. Este es un aspecto que requiere de un período de reflexión de los auditores a fin de que los resultados finales no puedan ser objetados con el argumento de que no se ha contado con todos y, en el caso de haber considerado su opinión, los resultados podrían haber sido diferentes.

2. Análisis de la concordancia en el juicio de los expertos

Una vez asignado el orden de prioridad a las áreas y funciones a auditar, se determina si existe concordancia o no en el juicio de los expertos. Para esto se recomienda utilizar la *Prueba de concordancia de Kendall* referida por Siegel (1972). En caso de no existir concordancia entre el juicio de los expertos, se regresará al Paso 1.

De comprobar la existencia de concordancia entre los expertos, se ordenarán las áreas y funciones a auditar por el valor de las diversas sumas de rango. Con este orden definitivo se calcula el peso de las áreas y funciones a auditar (W_{g-os} y W_{dg-os}) a través del *Método multicriterio subjetivo de ordenación simple*, que es el recomendado para el cálculo de peso, recomendado a utilizar, aunque se pueden utilizar otros métodos de cálculo subjetivos para la determinación del peso de cada criterio.

3. Determinación de los pesos $Wg-os$ y $Wdg-os$

Con este orden definitivo se calcula el peso de las áreas y funciones a auditar, $Wg-os$ y $Wdg-os$ a través del método de ordenación simple, que es el método multicriterio de cálculo de peso que se recomienda utilizar, aunque se pueden utilizar otros métodos de cálculo subjetivos para la determinación del peso de cada criterio, para luego llegar al *indicador de nivel energético*.

Evaluación del indicador de nivel energético

$$I_{NM} = \sum_{g=1}^n EA_g \cdot 100 \quad (4)$$

En la Tabla 1 se muestra un ejemplo de las áreas de actuación y su desglose en dependencia de las características de la institución; esta propuesta no constituye una regla, solo un ejemplo, debe ser modificada convenientemente según sea el caso y utilizando un método de expertos.

En la Tabla 2 se muestra una propuesta de modelo que facilita la operación de cálculo. En la columna A de la Ta-

bla 2 se ponderan sobre 100 la importancia y repercusión relativas de cada área respecto al total de la gestión energética.

$$D = \frac{B \cdot C}{5} \quad (5)$$

$$E = \frac{A \cdot D}{100} \quad (6)$$

Ponderación de funciones

En la columna B de la Tabla 1, se ponderan sobre 100 las funciones dentro de cada área según su importancia y repercusión relativas.

Tratamiento de datos

A continuación se operan los datos de las columnas A, B y C en las columnas D y E, según se indica en los respectivos encabezamientos de cada columna, expresiones 4 y 5. Los valores de la columna C se obtienen calculando el porcentaje de cumplimiento de los componentes de cada función, para ello se tiene en cuenta la calificación obtenida y el patrón propuesto mostrado, «Valoración cuantitativa de la gestión». Por ejemplo, un área de actuación que tenga 4 componentes y en cada uno de ellos se puede obtener cómo máximo 5 puntos, significa que el 100 % es 20, si la calificación real suma 18 puntos, entonces se calcula el porcentaje de cumplimiento que sería 85 %, como la columna C presenta una escala de uno a diez, donde 1 es pésimo y 10 es excelente, entonces el porcentaje obtenido se divide entre diez y ese es el valor que se coloca en la columna C.

Análisis de los resultados de la tabla

Con las valoraciones obtenidas para cada área en la columna D y del total de la columna E de la Tabla 1, se tiene una medición en expresiones numéricas del resultado de la auditoría. Estas calificaciones constituyen su análisis espectral y pueden servir tanto para identificar áreas y funciones de mejora como para comparar resultados con sucesivas auditorías. En la Tabla 2 se muestra un ejemplo de cómo se refleja el resultado de cada área de actuación en el informe final, tal como se refleja el resultado graficado de cada área. Cuando los valores obtenidos se encuentran en el rango menor a los 60 puntos, la organización en un nivel de compresión, sabe que debe mejorar y conoce el camino para ello, cuando se encuentra entre los 61 y 80 puntos, estará en un nivel de competencia, avanzando, pero aún lejos de las metas y, entre los 81 y 100 puntos, ya se encontrará en el máximo nivel, el de excelencia.

Tabla 1. Propuesta de herramienta informática para la gestión de los datos

A	Áreas de actuación	B	C (1-5)	D	E	Evaluación
20	Contexto de la organización	100	2,13	42,70	16,15	
	Compresión de la organización y contexto	25	2,034	10,17	76,07	Regular
	Compresión de las necesidades y expectativa de las partes interesadas	25	2,521	12,61	79,27	Regular
	Determinaciones del alcance del SGE	25	1,73	8,69	82,31	Bien
	Sistema de gestión energética	25	4,263	21,32	85,27	Bien
20	Liderazgo	100	4,22	84,36	16,87	
	Liderazgo y compromiso	33-4	4,502	3008	90,05	Bien
	Política energética	33-3	4,224	28,13	84,48	Bien
	Roles, responsables y autoridad organizativa	33-3	3,927	26,15	78,54	Regular
20	Planificación	100	3,98	79,34	15,87	
	Acciones para tratar riesgos	20	3,963	15,85	79,27	Regular
	Revisión energética	20	3,927	15,71	78,54	Regular
	Indicadores de rendimiento energético	20	4,092	16,37	81,83	Bien
	Base energética	20	3,927	15,71	78,54	Regular
	Recolección de datos energético	20	3,927	15,71	78,54	Regular
20	Soporte	100	3,31	66,12	13,22	
	Recursos	20	3,022	12,09	60,45	Regular
	Competencia	20	3,445	13,78	68,90	Regular
	Conciencia	20	3,445	13,78	68,90	Regular
	Comunicación	20	3,672	14,69	73,44	Regular
	Información documentada	20	2,945	11,78	58,89	Mal
20	Mejora continua	100	3,97	79,33	15,87	
	No conformidad y acción correctiva	50	3,804	38,04	76,07	Regular
	Mejora continua	50	4,130	41,30	82,59	Bien

Tabla 2. Ejemplo del resultado de cada área de actuación en el informe final

Evaluación y diagnóstico de la gestión energética			
Área de actuación	Meta o patrón	Evaluación	%
Contexto de la organización	20	20	100
Liderazgo	20	20	100
Planificación	20	20	100
Soporte	20	20	100
Mejora continua	20	20	100
Total	100	100	Excelencia

Luego de concluir esta etapa del procedimiento, se introducen los métodos matemáticos multicriterio para una nueva evaluación lingüística, que no es más que convertir las palabras en números y modelos matemáticos (Haynes et. al., 2022ab). Por lo que se utilizó el *Método multicriterio subjetivo de ordenación simple*, que toma en consideración los métodos *Analytic Hierarchy Process (AHP)* de Saaty (1980) y la *Teoría de la utilidad multiatributo* desarrollada por Ward Edwards (Edwards, 1977, 1979 y 1986), quienes fueron pioneros en el desarrollo de los métodos de toma de decisión multicriterio (*Multicriteria Decision Making*, MCDM por sus siglas en inglés).

Como se ha explicado, tenemos variables o dimensiones, y luego los criterios o funciones, primero se evaluarán las funciones a través de la expresión siguiente:

Fórmula 5

$$EF_{dg} = \frac{W_{dg} * \bar{C}_{dg}}{10} \quad (7)$$

Siendo:

EF_{dg} : evaluación de la función d correspondiente al área g .
 W_{dg} : peso de la función d correspondiente al área g .
 \bar{C}_{dg} : valoración promedio de la función d correspondiente al área g .

La suma de las evaluaciones de las funciones dará el resultado del área:

Fórmula 6

$$RA_g = \sum_{d=1}^{mg} EF_d \quad (8)$$

Siendo:

RA_g : resultado de área g ($g = 1...n$).
 $d = 1, \dots, m_g$: siendo m la cantidad de funciones a auditar en cada área g .

La evaluación de cada una de las áreas se calculará según la expresión siguiente:

Fórmula 7

$$EA_g = W_g * RA_g \quad (9)$$

Siendo:

EA_g : evaluación del área g .

W_g : peso del área g .

Para la evaluación de la gestión del mantenimiento se propone el *indicador nivel de la gestión del mantenimiento* (I_{NM}):

Fórmula 8

$$I_{NM} = \sum_{g=1}^n EA_g * 100 \quad (10)$$

Para la obtención de la ponderación o pesos se utilizaron los juicios o criterios de expertos y se validará con este método, donde el resultado podrá igualmente tomar las categorías siguientes:

Tabla 3. Evaluación según resultado del indicador (Boroto, 2005)

Intervalos de I_{NM} (%)	Evaluación
$95 \leq I_{NM} \leq 100$	Excelente
$85 \leq I_{NM} \leq 95$	Bien
$60 \leq I_{NM} \leq 85$	Aceptable
$I_{NM} < 60$	Deficiente

III. Resultado y discusión

Al aplicar las siete encuestas previstas a los expertos, se obtuvieron las evaluaciones reflejadas en la Tabla 4.

Como se puede apreciar, el Experto 3 fue el que menos ponderó, es decir, el que dio menos importancia a las funciones de cada dimensión. Finalmente, toda la información se recoge en la media geométrica, que no es media ni promedio, es un dato más exacto y aproximado al centro de los datos. Una vez procesado el dato, se introduce en otra herramienta para el procesamiento final (Tabla 5), aquí llegamos al resultado de cada dimensión y criterio (Tabla 6). El dato, antes procesado, se introduce en la columna C, iniciándose el proceso antes descrito. Existe un criterio evaluado de *Mal*, muy importante debido a que se trata de la documentación, y 12 criterios evaluados de *Regular*; solo el 50 % tiene una evaluación de *Bien*; sin embargo, la organización se encuentra en un nivel de *Compresión*, envuelta en mejora continua.

Tabla 4. Herramienta informática para el procesamiento de las encuestas

UEB Producciones Especiales de la Empresa Cárnica de Holguín									
Áreas actuales o dimensiones		Media geométrica	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	Experto 6	Experto 7
Contexto de la organización	Compresión de la organización	3,80	4,00	3,00	4,00	5,00	4,00	4,00	3
	Compresión de las necesidades de las partes	3,96	5,00	4,00	3,00	4,00	4,00	4,00	4
	Determinaciones del alcance del SGE	4,12	4,00	2,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5
	Sistema de gestión energética	4,26	5,00	4,00	4,00	5,00	4,00	4,00	4
Liderazgo	Liderazgo y compromiso	4,50	4,00	3,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5
	Política energética	4,22	3,00	4,00	4,00	5,00	4,00	5,00	5
	Roles, responsables y autoridad organizativa	3,93	4,00	5,00	3,00	5,00	3,00	4,00	4
	Acciones para tratar riesgos	3,96	4,00	4,00	4,00	5,00	3,00	4,00	4
Planificación	Revisión energética	3,93	4,00	3,00	5,00	5,00	4,00	3,00	4
	Indicadores de rendimiento energético	4,09	5,00	4,00	4,00	5,00	4,00	4,00	3
	Base energética	3,93	4,00	5,00	3,00	4,00	3,00	4,00	5
	Recolección de datos energéticos	3,93	5,00	3,00	4,00	3,00	4,00	4,00	5
Soporte	Recursos	3,02	4,00	2,00	3,00	4,00	4,00	3,00	2
	Competencia	3,45	3,00	4,00	5,00	2,00	4,00	4,00	3
	Conciencia	3,45	3,00	2,00	5,00	4,00	3,00	4,00	4
	Comunicación	3,67	5,00	3,00	4,00	5,00	2,00	3,00	5
Mejora continua	Información documentada	2,94	4,00	2,00	3,00	5,00	2,00	2,00	4
	No conformidad y acción correctiva	3,80	4,00	4,00	5,00	4,00	3,00	3,00	4
	Mejora continua	4,13	4,00	4,00	5,00	4,00	4,00	4,00	4

Contribución al mejoramiento de la eficiencia energética en la Empresa Cárnica de Holguín

Tabla 5. Propuesta de herramienta informática para la evaluación final

A	Áreas de actuación	B	C (1-5)	D	E	Evaluación
20	Contexto de la organización	100	4,04	80,73	16,15	
	Compresión de la organización y contexto	25	3,804	19,02	76,07	Regular
	Compresión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas	25	3,963	19,82	79,27	Regular
	Determinaciones del alcance del SGE	25	4,116	20,58	82,31	Bien
	Sistema de gestión energética	25	4,263	21,32	85,27	Bien
20	Liderazgo	100	4,22	84,36	16,87	
	Liderazgo y compromiso	33,4	4,502	30,08	90,05	Bien
	Política energética	33,3	4,224	28,13	84,48	Bien
	Roles, responsables y autoridad organizativa	33,3	3,927	26,15	78,54	Regular
20	Planificación	100	3,98	79,34	15,87	
	Acciones para tratar riesgos	20	3,963	15,85	79,27	Regular
	Revisión energética	20	3,927	15,71	78,54	Regular
	Indicadores de rendimiento energético	20	4,092	16,37	81,83	Bien
	Base energética	20	3,927	15,71	78,54	Regular
	Recolección de datos energéticos	20	3,927	15,71	78,54	Regular
20	Soporte	100	3,31	66,12	13,22	
	Recursos	20	3,022	12,09	60,45	Regular
	Competencia	20	3,445	13,78	68,90	Regular
	Conciencia	20	3,445	13,78	68,90	Regular
	Comunicación	20	3,672	14,69	73,44	Regular
	Información documentada	20	2,945	11,78	58,89	Mal
20	Mejora continua	100	3,97	79,33	15,87	
	No conformidad y acción correctiva	50	3,804	38,04	76,07	Regular
	Mejora continua	50	4,130	41,30	82,59	Bien

Tabla 6. Resultado de la aplicación del método

Áreas de actuación	Meta	Evaluación	%
Contexto de la organización	20	16,15	80,73
Liderazgo	20	16,87	84,36
Planificación	20	15,87	79,34
Soporte	20	13,22	66,12
Mejora continua	20	15,87	79,33
Total	100	77,98	Competencia

Resultado del Método multicriterio subjetivo de ordenación simple, para encontrar los nuevos pesos y validar el método anterior.

Para la evaluación de las funciones a través de la expresión antes declarada se muestra lo siguiente:

$$EF_{dg} = \frac{W_{dg} * \bar{C}_{dg}}{5} \quad \text{según expresión (7)}$$

Siendo:

EF_{dg} : evaluación de la función d correspondiente al área g .

W_{dg} : peso de la función d correspondiente al área g .

\bar{C}_{dg} : valoración promedio de la función d correspondiente al área g .

Primero debemos encontrar los pesos de los resultados de la evaluación dada por los expertos, por ejemplo, para la dimensión Contexto de la organización las funciones o criterios que la contienen tendrán los siguientes pesos (Tabla 7) por lo que el resultado EF_{dg} será el siguiente:

Tabla 7. Resultados de los pesos o nivel de importancia de los criterios

Contexto de la organización	Valor	Pesos
Compresión de la organización y contexto	3,804	0,236
Compresión y expectativa de las partes	3,963	0,245
Alcance del SGE	4,116	0,255
Sistema de Gestión E	4,263	0,264
Suma Ponderada	16,146	1,000

Función Compresión de organización:

$$EF_{dg} = \frac{W_{dg} * \bar{C}_{dg}}{5} = \frac{3.804 * 0.236}{5} = 0,179$$

Función Compresión de las partes:

$$EF_{dg} = \frac{W_{dg} * \bar{C}_{dg}}{5} = \frac{3,963 * 0,245}{5} = 0,195$$

Función Alcance del SGE:

$$EF_{dg} = \frac{W_{dg} * \bar{C}_{dg}}{5} = \frac{4,116 * 0,255}{5} = 0,210$$

Función SGE:

$$EF_{dg} = \frac{W_{dg} * \bar{C}_{dg}}{5} = \frac{4,263 * 0,264}{5} = 0,225$$

La suma de las evaluaciones de las funciones dará el resultado del área, para nuestro caso corresponde al área Contexto de la organización:

$$RA_g = \sum_{d=1}^{mg} EF_g \quad \text{según expresión (8)}$$

Siendo:

RA_g : resultado de área g ($g = 1...n$).

$d = 1, \dots, m_g$: siendo m la cantidad de funciones a auditar en cada área g .

$$RA_g = \sum_{d=1}^{mg} 0,179 + 0,195 + 0,210 + 0,225$$

$$RA_g = 0,839$$

Y así se encuentran todos los resultados de cada área con sus funciones, como se muestra en las tablas 8, 9,10 y 11.

Tabla 8. Resultados de la dimensión Liderazgo

Liderazgo	Valor	Pesos	EFdg	
Liderazgo y compromiso	4,502	0,356	0,320	
Política energética	4,224	0,334	0,282	
Roles, responsables y autoridad organizativa	3,927	0,310	0,244	
Suma Ponderada	12,653	1,000	0,846	RAg

Tabla 9. Resultados de la dimensión Planificación

Planificación	Valor	Pesos	EFdg	
Revisión energética	3,927	0,247	0,194	
Indicadores de rendimiento energético	4,092	0,258	0,211	
Base energética	3,927	0,247	0,194	
Recolección de datos energético	3,927	0,247	0,194	
Suma Ponderada	15,873	1,000	0,794	RAg

Tabla 10. Resultados de la dimensión Soporte

Soporte	Valor	Pesos	EF _{dg}
Recursos	3,022	0,183	0,111
Competencia	3,445	0,208	0,144
Conciencia	3,445	0,208	0,144
Comunicación	3,672	0,222	0,163
Información documentada	2,945	0,178	0,105
Suma Ponderada	16,529	1,000	0,555

Tabla 11. Resultados de la dimensión Mejora continua

Mejora continua	Valor	Pesos	EF _{dg}
No conformidad y acción correctiva	3,804	0,479	0,365
Mejora continua	4,13	0,521	0,430
Suma Ponderada	7,934	1,000	0,795

Con los resultados de cada área se procede a su evaluación teniendo en cuenta el nivel de importancia o pesos de las mismas. La evaluación de cada una de las áreas se calculará según la expresión siguiente:

$$EA_g = W_g * RA_g \quad \text{según expresión (9)}$$

Siendo:

EA_g : evaluación del área g .

W_g : peso del área g .

Área contexto de la organización:

$$EA_g = W_g * RA_g = 0,809 * 0,213 = 0,172$$

Para las demás áreas o dimensiones se encuentran el resto de los valores, como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Resultado de cada área de actuación

Áreas o Dimensiones	RA _g	Pesos	EA _g
Contexto de la organización	0,809	0,213	0,172
Liderazgo	0,846	0,223	0,188
Planificación	0,794	0,209	0,166
Soporte	0,555	0,146	0,081
Mejora continua	0,795	0,209	0,166
Suma Ponderada	3,799	1,000	0,774

Para la evaluación de la gestión energética con el objetivo de realizar un diagnóstico inicial para la implementación de la NC ISO 50001: 2018, se propone el indicador de nivel energético (I_{NE}), Tabla 13:

$$I_{NE} = \sum_{g=1}^n EA_g * 100 \quad \text{según expresión (10)}$$

Tabla 13. Resultados del indicador de nivel energético (I_{NE})

Áreas o Dimensiones	RA _g	Pesos	EA _g
Contexto de la organización	0,809	0,213	0,172
Liderazgo	0,846	0,223	0,188
Planificación	0,794	0,209	0,166
Soporte	0,555	0,146	0,081
Mejora continua	0,795	0,209	0,166
Suma Ponderada	3,799	1,000	0,774

Tabla 14. Criterios para la evaluación del índice de nivel energético

Intervalos	Evaluación
$95 \leq I_{NE} \leq 100$	Excelente
$85 \leq I_{NE} \leq 95$	Bien
$60 \leq I_{NE} \leq 85$	Aceptable
$I_{NE} < 60$	Deficiente

Con este resultado y los valores mostrados en la Tabla 14 que sigue podemos llegar a la conclusión de que la organización está en una posición de *Aceptable*, según la escala de intervalos, pues obtuvo en el Indicador de Nivel Energético 77,4. Se realiza una propuesta de mejora continua (Tabla 15).

Tabla 15. Propuesta de un plan de mejora continua para paliar la situación encontrada

N.º	Descripción de la medida	Responsable	Fecha de cumplimiento (D-M-A)
1.	Determinar las cuestiones externas e internas pertinentes para el logro de sus objetivos.	Directora Especialista de Energía	10 -11-2023
2.	Determinar las partes interesadas y sus requisitos.	Directora Especialista de Energía	14 -11-2023
3.	Definir las responsabilidades y autoridades.	Directora Especialista de Energía	29 -11-2023 22-12-2023
4.	Establecer los objetivos y las metas energéticas.	Directora Especialista de Energía	20-12-2023
5.	Establecer una o varias líneas de base energética.	Directora Especialista de Energía	20-01-2024
6.	Identificar las operaciones que afecten el desempeño energético.	Directora Especialista de Energía	8-02-2024
7.	Identifica los recursos necesarios para el SGE.	Directora Especialista de Energía	10-02-2024
8.	Determinar la competencia de las personas que con su trabajo afecten su desempeño energético.	Directora Especialista de Energía	15-02-2024
9.	Lograr la concientización de los trabajadores y su participación en el SGE.	Directora Especialista de Energía	23-02-2024
10.	Determinar las comunicaciones internas y externas pertinentes al SGE.	Directora Especialista de Energía	28-02-2024
11.	Documentar el SGE a través de la aplicación de la norma NC ISO 50001: 2018 y la que determine la organización; debe ser actualizada y controlada.	Directora Especialista de Energía	Permanente
12.	Realizar un adecuado monitoreo, medir el uso de la energía y sus IDE.	Directora Especialista de Energía	15-03-2024

IV. Conclusiones

En la investigación se aplicó un procedimiento con enfoque multicriterio para evaluar, auditar y diagnosticar el Sistema de Gestión de la Energía y contribuir al mejoramiento de la eficiencia energética mediante la aplicación de la NC ISO 50001: 2018, eliminando las no conformidades en la organización objeto de estudio. Se implementaron herramientas informáticas para el procesamiento de las encuestas realizadas por los expertos, que previamente fueron seleccionados, finalmente se validó la solución encontrada con el *Método multicriterio subjetivo de ordenación simple*.

V. Referencias bibliográficas

- Boroto Pentón, Y. (2005). *Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en la provincia Villa Clara*. Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas.
- Edwards, W. (1979). *Behavioral decision theory*. Recuperado de: https://books.google.com.cu/books?hl=es&lr=&id=XF-Qo9ct_vR4C&oi=fnd&pg=PA44&dq=Edwards+W,+1979+%22Behavioral+decision+theory%22&ots=_oX8eancDN&sig=oF4BVQnh4wFph3kQJQmZpqqeYWc&redir_esc=y#v=onepage&q=Edwards%20W%2C%201979%20%22Behavioral%20decision%20theory%22&f=false
- Edwards, W. (1977). How to use multiattribute utility measurement for social decisionmaking. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* SMC-7:5, 326–340. Raifa, pp. 247-75. New York: Wiley. 42 pp.
- Edwards, W. (1986). *Decision Analysis and Behavioral. Research*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Global Energy Review 2019. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2019>
- 1.ª obra: Infante Haynes, Á. E., Suárez Pérez, Z. B., Castillo Pantoja, H., y Leyva Velázquez, A. (2022). Auditoría de gestión de la calidad en el mantenimiento con enfoque multicriterio. *Revista Ciencias Holguín*, 28(4), 23-33. http://www.ciencias.holguin.cu/index.php/cienciasholguin/article/view/1435/html_34
- 2.ª obra: Infante Haynes, Á. E., Suárez Pérez, Z. B., Castillo Pantoja, H., y Leyva Velázquez, A. (2022). Evaluación cuantitativa de la auditoría a la gestión de la calidad en el mantenimiento con enfoque multicriterio. *Eco Solar*, (80), 3-11. <https://ecosolar.cubaenergia.cu/index.php/ecosolar/article/view/98>
- NC ISO 50001: 2018 <http://www.cgdc.cu>
- Romero, C. (1996). Análisis de las decisiones multicriterio (Vol. 14): Isdefe Madrid.
- Saaty, T.L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York. [https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjt55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1943982](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjt55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1943982) Consultado: 18 de mayo de 2023
- Siegel E. (1972). Task analysis and effective teaching. *Journal of Learning Disabilities*, 1972, 5, 519–532. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/002221947200500901> Consultado: abril de 2023
- Stillwell, W. G., Seaver, D. A. y Edwards, W. (1981). Comparison of weight approximation techniques in multi-attribute utility decision making. *Organizational Behavior and Human Performance* 28(1):62-77

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores: Lilian Rosa González López, investigación, conceptualización, metodología y edición; Ángel Eugenio Infante Haynes, supervisión, redacción-revisión y edición; Manuel Germía Rodríguez Romero, redacción-borrador original; Eliéser Ricardo Morales y Zaily Dorado Rojas, curación de datos y análisis formal.

Recibido: 10 de abril de 2023

Aceptado: 30 de abril de 2023