CONTRIBUCIÓN AL PERFECCIONAMIENTO DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS EN EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Por M. Sc. **Ángel Eugenio Infante Haynes***, M. Sc. **Hiovanis Castillo Pantoja****,
M. Sc. **Manuel Germia Rodríguez Romero***** y Dr. C. **Ricardo Lorenzo Ávila Rondón******

*, **, **** Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.
****Universidad Autónoma de Coahuila, México.
* https://orcid.org/0000-0002-6462-5339
E-mail: ehaynes@uho.edu.cu
** https://orcid.org/0000-0003-0091-0904
E-mail: hiovaniscp@uho.edu.cu
*** https://orcid.org/0009-0002-2142-4542
E-mail: gere67rod@gmail.com
**** https://orcid.org/0000-0001-6730-5739N
E-mail: riavilar@uadec.edu.mx

Resumen

En este trabajo se elaboró una metodología para el perfeccionamiento de la auditoría a la calidad del Sistema de Gestión de la Energía según la NC ISO 50001:2018, en una Empresa Eléctrica del territorio oriental, debido a la necesidad de incrementar su eficiencia energética. Esta auditoría permitió conocer la situación actual en la que se encuentra la Empresa referente al área energética, sobre la base del cumplimiento de los requisitos establecidos por la norma, por lo que se propone el método Análisis Jerárquico de Procesos (AHP), como la metodología con enfoque multicriterio, que introduce un modelo matemático para evaluar el resultado de los expertos, en el que se obtienen los pesos o niveles de importancia de criterios y dimensiones, mediante la media geométrica realizada a las encuestas evaluadas; en estas se tienen en cuenta dimensiones y criterios para el ciclo de mejora continua, lo cual garantiza la sostenibilidad del Sistema de Gestión de la Energía. Todo ello tributó a la necesidad de conocer la situación de la organización para la implementación del Sistema de Gestión de la Energía, estando en un nivel de «Inocencia».

Palabras clave: *auditorías energéticas, generación eléctrica, Análisis Jerárquico de Procesos, AHP.*

CONTRIBUTION TO THE FURTHER DEVELOPMENT OF ENERGY AUDITS IN POWER GENERATION COMPANIES

Abstract

In this work, a methodology was developed for the improvement of the quality audit of the Energy Management System according to NC ISO 50001:2018, in an electric company in the eastern territory, due to the need to increase its energy efficiency. This audit allowed to know the current situation in which the company is in the energy area, based on compliance with the requirements established by the standard, so the Hierarchical Analysis of Processes (AHP) method is proposed as the methodology with multicriteria approach, which introduces a mathematical model to evaluate the result of the experts, in which the weights or levels of importance of criteria and dimensions are obtained, by means of the geometric mean made to the evaluated surveys; These take into account dimensions and criteria for the continuous improvement cycle, which guarantees the sustainability of the Energy Management System. All this contributed to the need to know the situation of the organization for the implementation of the Energy Management System, being at a level of Innocence.

Keywords: *energetic auditing, electric generation, Hierarchic Analysis of Processes, AHP.*

I. Introducción

El mundo se encuentra en una difícil situación energética. La demanda mundial de energía todavía se satisface esencialmente con combustibles fósiles (30 % de petróleo, 27 % de carbón y 20 % de gas). Las principales fuentes de producción de electricidad son a través del carbón (38 %), gas (23 %) e hidroeléctrica (16 %) (Martins & Caetano, 2019)

La realidad en el panorama mundial, es que los recursos energéticos se agotan y la demanda crece. América Latina y el Caribe, no escapan a dicha problemática. En toda el área, pueden encontrarse abundantes recursos renovables incluidos la energía solar, eólica, geotérmica, hídrica y de biomasa que brindan recursos naturales propios en la producción de electricidad limpia (Chapman & Myers, 2019).

La energía se ha convertido en la base fundamental para el desarrollo económico y social tanto de Cuba como en América Latina y el mundo. El buen aprovechamiento de esta genera grandes beneficios en cualquier ámbito social. Por ello, implementando programas de concientización acerca de la utilización de productos de bajo consumo de energía y políticas de ahorro, se consumirá menos energía eléctrica (Arce López, 2014).

En Cuba se trazan estrategias por parte del Estado, para hacer de la energía un uso eficiente y lograr optimizar procesos y a la vez disminuir impactos ambientales al medio ambiente. La gestión energética o administración de energía, abarca en particular, las actividades de administración y aseguramiento de la función gerencial (Nordelo & Caminos, 2013), que le confieren a la entidad la aptitud para satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas (Borroto Pentón, 2005)

Algunos autores (Correa Soto & Díaz Rodríguez, 2014) se refieren al diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética teniendo como premisas los requisitos de las normas internacionales relacionadas con la gestión de la energía ISO 50001: 2018. Aunque muchos autores coinciden en la importancia de un procedimiento para la implementación de un Sistema de Gestión Energética en las empresas, no siempre se inicia con una correcta auditoría (González & Escobar, 2016).

En la aplicación de técnicas multicriterio se busca realizar una toma de decisiones en base a todas las soluciones posibles, que son aquellas que satisfacen las restricciones del problema. Estas decisiones posibles se ordenan con arreglo a un cierto criterio. Esta función de criterio recibe el nombre de función objetivo (Romero, 1996).

En el año 2011 la Organización Internacional de Normalización, ISO elaboró una primera versión de la norma ISO 50001, Sistemas de Gestión de la Energía Requisitos con Orientación para su uso. En el 2018, contando con la retroalimentación de la implementación de la ISO 50001 a nivel mundial, la organización ISO expidió una actualización, la cual busca compatibilidad con normas de otros sistemas de gestión (Figura 1).

Esta norma recoge todos los requisitos necesarios. La estructura de un sistema de gestión de la energía corresponde con los enfoques y actividades relacionadas con la implementación, operación y mantenimiento de un sistema de gestión de acuerdo con la metodología PHVA (*Planificar, Hacer, Verificar, Actuar*) (González & Escobar, 2016).

Se debe *planificar* para entender el comportamiento energético de la organización y establecer los controles; hacer implementando procedimientos y procesos regulares que controlen y mejoren el desempeño energético; verificar con lo cual monitoreamos y medimos los procesos y actuar que es tomar decisiones (Pohekar & Ramachandran, 2004).

Fig. 1. Estructura de alto nivel y estándares de sistemas de gestión. Fuente: ISO 50001: 2018 Sistema de Gestión de la Energía.

II. Materiales y métodos

Requisitos imprescindibles ISO-50001

- Cumplimiento de requisitos legales: La organización debe cumplir con la legislación vigente en materia de energía.
- Liderazgo de la dirección: Capacidad de mostrar liderazgo, ser ejemplo y contribuir a la concienciación de sus empleados.
- Sensibilización de los trabajadores: Para que los resultados del SGEn sean satisfactorios, los empleados deberán colaborar.
- Análisis de riesgos y oportunidades: La organización deberá analizar los riesgos y oportunidades asociados a su actividad.
- Planificación energética: Establecer acciones que permitan reducir consumo y mejorar el desempeño energético de la organización.
- Documentación: Conservar una serie de información.
- Criterio de Evaluación: Cada elemento auditado y evaluado a partir de las respuestas obtenidas en las entrevistas, las observaciones realizadas en las visitas a las instalaciones, los documentos revisados y otros mecanismos de comprobación utilizados, conformarán la evaluación general.

Esta evaluación tendrá cinco niveles según la estructura siguiente:

- Nivel 5 (Excelencia): revisión continúa de los sistemas e introducción de mejorías (líder). Puntuación entre 91 y 100.

- Nivel 4 (Competencia): implementar sistemas y mejoras y mantiene bajo control la gestión de la calidad. Puntuación entre 81 y 90.
- Nivel 3 (Comprensión): desarrollo de planes de mejoras para los sistemas, aplicación gradual. Puntuación entre 71 y 80.
- Nivel 2 (Conciencia): darse cuenta que las prácticas actuales son inadecuadas y que se imponen cambios para mejorar el sistema. Puntuación entre 60 y 70.
- Nivel 1 (Inocencia): La organización no está atenta a las nuevas alternativas existentes. No hay planes para dar el cambio a prácticas actuales y mejora continua, el sistema no está bajo control. Puntuación menor a 60.

Propuesta de metodología para perfeccionar la auditoría a la Calidad del SGEn con enfoque multicriterio en Empresa Eléctrica de Oriente

La metodología propuesta está compuesta por tres etapas y varios pasos, los cuales se describen a continuación:

Etapa 1: Inicio de la auditoría de calidad

En esta primera etapa de la metodología se debe seleccionar el equipo auditor. Se prepara el plan de auditoría y se asignan las tareas en dependencia de las competencias de los auditores; la duración de la auditoría se estima como máximo en cinco días. La información necesaria para la realización de la auditoría debe cubrir como mínimo un período de tiempo de seis meses.

Los criterios de la auditoría de manera general lo constituyen el conjunto de políticas, procedimientos y los requisitos, los cuales se utilizan como una referencia con la cual es comparada la evidencia de la auditoría. Los recursos asignados deben ser garantizados por el cliente de la auditoría y el cronograma de realización lo hace el jefe del equipo auditor. En esta etapa el jefe del equipo auditor realizará la asignación de tareas a cada miembro del equipo, considerando la competencia y la independencia de los auditores y el uso eficaz de los recursos.

Etapa 2: Realización de las actividades de la auditoría in situ

En esta etapa se realiza la reunión de apertura y la realización del diagnóstico de la Gestión de la Calidad del SGEn.

Etapa 3: Análisis de los resultados de la auditoría

Para llevar a cabo el análisis de los resultados de la auditoría de calidad se propone realizar las acciones siguientes:

Tratamiento de los datos encuestados:

Las encuestas realizadas fueron siete, llamado también número mágico de Miller. Estas se procesan a través de una herramienta diseñada por el autor en Excel, utilizando para ello, la media geométrica (Saaty, 1980).

Luego de definir las dimensiones y criterios se procede a la selección del método para la obtención de los pesos, para ello de (Posada Arce, 2020) y (Borroto Pentón, 2005), propusieron lo siguiente:

- Paso 1: Evaluación de las áreas y funciones auditadas

Modelo matemático adaptado y propuesto:

Como se ha explicado tenemos variables o dimensiones, y luego los criterios o funciones, primero se comenzaron a evaluar las funciones, usando la fórmula 1.

$$EF_{dg} = \frac{W_{dg} * \bar{C}_{dg}}{10} \qquad (1)$$

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, fórmula 2, dará el resultado del área, esto es:

$$RA_g = \sum_{d-1}^{mg} EF_g \qquad (2)$$

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

La evaluación de cada una de las áreas, fórmula 3, se calcula:

$$EA_g = W_g * RA_g \qquad (3)$$

Siendo:
EA_g: evaluación del área g
W_g: peso del área g
RA_g: resultado del área (2.1, 2.2, 2.3), es necesario determinar el peso o importancia relativa de cada área y de cada función auditada. Ello deberá sustentarse en el análisis realizado por el equipo auditor.

Para la determinación de los pesos se ha propuesto un procedimiento específico, 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:

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

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 m en el caso de las funciones, según la preferencia o nivel de importancia que poseen para el evaluador, de forma tal que el valor «1» representará el de menor importancia en la gestión del mantenimiento en la empresa.

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. En caso de no existir concordancia entre el juicio de los expertos se vuelve al paso 1.

De comprobar la existencia de concordancia entre los expertos, se ordenan definitivamente las áreas y funciones a auditar dado por el valor de las diversas sumas de rango.

3. Determinación de los pesos

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 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.

- Paso 2: Evaluación de la gestión del Sistema de Gestión de la Energía

Para la evaluación de la gestión de manteniendo se propone el Indicador nivel de la gestión de la Energía (INE):

$$I_{NE} = \sum_{g=1}^{n} EA_g * 100 \qquad (4)$$

Para la obtención de la ponderación o pesos se utilizaron los juicios o criterios de expertos mediante el método Análisis Jerárquico de Procesos (AHP), que será detallado más adelante.

Tratamiento y análisis de datos

A continuación se procesan en una tabla, el resultado de las encuestas por áreas de actuación o dimensiones, lo cual es una medición en expresiones numéricas obtenida 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.

Otro procesamiento nos mostrará el resultado de cada Área de Actuación en el informe final, mediante gráficos por cada una de ellas, que reflejan su comportamiento.

Luego de concluir esta parte del procedimiento y como antes se había declarado, se introducen los métodos matemáticos multicriterio para una nueva evaluación lingüística, convocando nuevamente a los expertos, por lo que se utilizó el método Análisis Jerárquico de Procesos (AHP) (Figura 2), con el objetivo de encontrar nuevas ponderaciones y comparar con los propuestos e otros estudios.

La jerarquía Saaty como modelo quedaría de la forma siguiente.

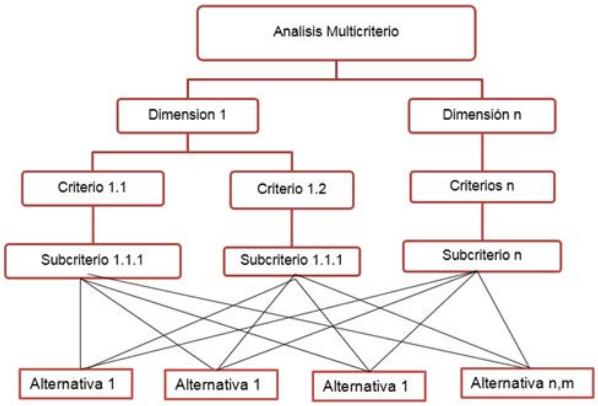

Fig. 2. Jerarquía propuesta por Saaty.

En la evaluación de cada dimensión en busca del peso o ponderación para evaluar cada alternativa donde se aplicó la escala Saaty, obtenemos los resultados siguientes en la Tabla 1.

Tabla 1. Escala Saaty

Wi/wj	Definición	Explicación
1	Igual	Ambos criterios se consideran igualmente importantes
3	Moderada	El criterio i es ligeramente más importante que el criterio j
5	Fuerte	El criterio i es fuertemente más importante que el criterio j
7	Muy fuerte o demostrada	El criterio i es mucho más importante que el criterio j
9	Extrema	El criterio i es incuestionablemente más importante que el criterio j
1,4,6,8	Valores intermedios	Valores intermedios

Y previamente se define el índice de consistencia, IC = (λmax – n) /(n-1) y la relación de consistencia, RC = IC /RI; donde RI es un promedio de los índices de consistencia de una gran muestra de matrices cuyas entradas se escogen de forma aleatoria. (Saaty, 1986) obtuvo los resultados siguientes para RI reflejados en la Tabla 2.

Tabla 2. Relación número de variables y relación de consistencia

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

La experiencia (Saaty, 2006a) sugiere la relación de consistencia menor a 0.1 para que los resultados sean confiables. Para la siguiente encontrar los pesos de las dimensiones mediante el AHP, se propone el modelo de la Tabla 3:

Tabla 3. Evaluación pareada de cada dimensión o criterio según escala Saaty

	Dimensiones	Metas	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
D_1	Contexto de la organización	20	1	D_{12}	D_{13}	D_{14}	D_{15}
D_2	Liderazgo	20	$1/D_{12}$	1	D_{23}	D_{24}	D_{25}
D_3	Planificación	20	$1/D_{13}$	$1/D_{23}$	1	D_{34}	D_{35}
D_4	Soporte	20	$1/D_{14}$	$1/D_{24}$	$1/D_{34}$	1	D_{45}
D_5	Mejora continua	20	$1/D_{15}$	$1/D_{25}$	$1/D_{35}$	$1/D_{45}$	1

Para encontrar los pesos de los criterios mediante el AHP, se propone el modelo mostrado en la Tabla 4:

Tabla 4. Pesos de los criterios mediante el AHP

	Planificación	Metas	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	Acciones para tratar riesgo	20	1	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}
C_2	Revisión energética	20	$1/C_{12}$	1	C_{22}	C_{23}	C_{24}
C_3	Indicadores de rendimientos energéticos	20	$1/C_{13}$	$1/C_{22}$	1	C_{31}	C_{32}
C_4	Base energética	20	$1/C_{14}$	$1/C_{23}$	$1/C_{31}$	1	C_{41}
C_5	Recolección de datos energéticos	20	$1/C_{15}$	$1/C_{24}$	$1/C_{34}$	$1/C_{41}$	1

Para ello se utiliza otra herramienta informática profesional, conocida como Mini Expert Choice, para el análisis de las dimensiones.

Análisis de Sensibilidad

Con esta nueva propuesta se realiza un análisis de sensibilidad, para conocer bajo esta circunstancia la robustez de la solución, para ello se crearon dos nuevos escenarios, como se muestran a continuación.

1. Primer escenario: Cuando todas las dimensiones y criterios tendrían los mismos pesos.
2. Segundo escenario: Cuando aplicando el método AHP, recalculamos los pesos de las dimensiones y criterios.

Luego se realizarán valoraciones, tomando el peor y el mejor de los escenarios.

- Paso 3: Conclusiones de la auditoría

El equipo de auditores se reunirá previo a la reunión de clausura y elaborará el Informe de la auditoría. Se hace referencia a los requisitos que se incumplen. El informe contendrá evidencias en sus conclusiones, del desempeño del área auditada.

III. Resultados y discusión

Resultados de la aplicación de la metodología para el perfeccionamiento de la auditoría a la calidad del SGEn en la Empresa Eléctrica de Oriente

La auditoría se realizó al SGEn en la Empresa Eléctrica de Oriente, donde se realizaron siete encuestas a los expertos. Luego se procesaron a través de las herramientas descritas en el apartado anterior. Como primer paso se consolidan los resultados de las encuestas realizadas a partir de la herramienta informática, mostrados en la Tabla 5, con la modelación matemática de la media geométrica propuesta por Saaty.

Tabla 5. Cálculo de la media geométrica

Empresa Eléctrica Oriente									
Áreas actuales o dimensiones		Media Geom	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	Experto 6	Experto 7
Contexto de la organización	Compresión de la organización	2,25	2,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2
	Compresión de las necesidades de las partes	2,03	2,00	2,00	3,00	2,00	3,00	2,00	1
	Determinaciones del alcance del SGE	2,52	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3
	Sistema de gestión energética	1,74	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1
Liderazgo	Liderazgo y compromiso	3,07	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4
	Política energética	3,54	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00	3
	Roles, responsables y autoridad organizativa	2,34	4,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2
Planificación	Acciones para tratar riesgos	2,25	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2
	Revisión energética	2,52	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2
	Indicadores de rendimiento energético	2,12	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2
	Base energética	2,03	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00	1,00	2
	Recolección de datos energético	2,52	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	2,00	2
Soporte	Recursos	2,42	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	1
	Competencia	2,25	3,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2
	Conciencia	2,67	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2
	Comunicación	2,52	3,00	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2
	Información documentada	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2
Mejora continua	No conformidad y acción correctiva	2,83	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3
	Mejora continua	2,52	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2

Paso 1: Evaluación de las áreas y funciones auditadas
Resultado para el primer escenario:

Luego de encontrar el dato unificado producto de las encuestas, se procesa, y los resultados se reflejan en la Tabla 6, en este primer escenario los pesos o ponderaciones de cada dimensión y criterio fueron iguales. Como se puede apreciar solo la dimensión liderazgo fue evaluada de regular, el resto de mal. Igual se procesa y los resultados se muestran en la Tabla 6.

Como se puede apreciar el liderazgo con el 59,67 % representa la mayor puntuación. El resultado total es menor de 60 puntos, llevándonos a la calificación de **Inocencia.**

Paso 2: Evaluación del Sistema de Gestión de la Energía
Resultado para el segundo escenario:

Para el segundo escenario como bien se declaró en capítulo anterior, se procede a calcular los pesos de criterios y dimensión en dependencia de los criterios de expertos teniendo en cuenta siempre el índice de consistencia.

Tabla 6. Herramienta informática para evaluar criterios y dimensiones

A	Áreas de actuación	B	C (1-5)	D	E	Evaluación
20	**Contexto de la organización**	**100**	**2,13**	**42,70**	**8,54**	
	Compresión de la organización y contexto	25	2,246	11,23	44,91	Mal
	Compresión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas	25	2,034	10,17	40,68	Mal
	Determinaciones del alcance del SGE	25	2,521	12,61	50,43	Mal
	Sistema de gestión energética	25	1,739	8,69	34,77	Mal
20	**Liderazgo**	**100**	**2,98**	**59,67**	**11,93**	
	Liderazgo y compromiso	33,4	3,074	20,53	61,47	Regular
	Política energética	33,3	3,536	23,55	70,72	Regular
	Roles, responsables y autoridad organizativa	33,3	2,340	15,58	46,80	Mal
20	**Planificación**	**100**	**2,23**	**45,77**	**9,15**	
	Acciones para tratar riesgos	20	2,246	8,98	44,91	Mal
	Revisión energética	20	2,521	10,09	50,43	Mal
	Indicadores de rendimiento energético	20	2,119	8,48	42,39	Mal
	Base energética	20	2,034	8,14	40,68	Mal
	Recolección de datos energético	20	2,521	10,09	50,43	Mal
20	**Soporte**	**100**	**2,37**	**47,44**	**9,49**	
	Recursos	20	2,420	9,68	48,40	Mal
	Competencia	20	2,246	8,98	44,91	Mal
	Conciencia	20	2,672	10,69	53,44	Mal
	Comunicación	20	2,521	10,09	50,43	Mal
	Información documentada	20	2,000	8,00	40,00	Mal
20	**Mejora continua**	**100**	**2,68**	**53,53**	**10,71**	
	No conformidad y acción correctiva	50	2,831	28,31	56,62	Mal
	Mejora continua	50	2,521	25,21	50,43	Mal

Los valores de las dimensiones finales se condensan y se reflejan en la Tabla 7.

Tabla 7. Resumen de la evaluación de las dimensiones y final

Áreas de actuación	Meta	Evaluación	%
Contexto de organización	20	8,54	42,70
Liderazgo	20	11,93	59,67
Planificación	20	9,15	45,77
Soporte	20	9,49	47,44
Mejoras continuas	20	10,71	53,53
Total	100	49,82	Inocencia

Primero se comienza por las dimensiones (Figura 3).

EVALUACIÓN DE LAS DIMENSIONES

Pairwise Comparison Matrix

	Contexto de la org	Liderazgo	Planificación	Soporte	Mejora continua
Contexto de la organización	1	1/5	1/3	1/5	1/7
Liderazgo	5	1	5	3	4
Planificación	3	1/5	1	1/3	1/2
Soporte	5	1/3	3	1	1
Mejora continua	7	1/4	2	1	1

Fig. 3. Evaluación pareada de los criterios.

Se procede con la normalización de los datos por la suma (Figura) 4.

Se calculan posteriormente los indicadores, como se muestra en la Figura 5.

Y finalmente se obtienen los pesos (Figura 6), por ejemplo la dimensión Contexto obtuvo 0,0047, la dimensión Liderazgo obtuvo 0,466, la dimensión Planificación 0,093, Soporte 0,200 y Mejora continua 0,193, por lo que la más ponderada fue Liderazgo.

Luego de obtener todos los pesos se procede a introducirlo nuevamente en la herramienta; se puede apreciar que los resultados de la Tabla 8, son idénticos y se puede afirmar que la solución obtenida es bien robusta, no modifican los resultados.

	21.0000	1.9833	11.3333	5.5333	6.6429
	Cw (Normalised)				
1	0.047619048	0.100840336	0.029411765	0.036144578	0.021505376
2	0.238095238	0.504201681	0.441176471	0.542168675	0.602150538
3	0.142857143	0.100840336	0.088235294	0.060240964	0.075268817
4	0.238095238	0.168067227	0.264705882	0.180722892	0.150537634
5	0.333333333	0.12605042	0.176470588	0.180722892	0.150537634

Fig. 4. Evaluación pareada de los criterios.

AHP-1	CA	Lambda	CI	CI/RI
0.047	0.98919	5.365986622	0.09149666	0.081693442
0.466	0.92336		Randomness Index, RI	
0.093	1.05954		3 0.58	1.12
0.200	1.10902		4 0.9	
0.193	1.28488		5 1.12	

Fig. 5. Cálculo del índice de consistencia.

	AHP		Consistency check
1	0.047	4.7%	Consistency OK
2	0.466	46.6%	8%
3	0.093	9.3%	
4	0.200	20.0%	
5	0.193	19.3%	

Fig. 6. Resultado final de la evaluación.

Tabla 8. Herramienta para la evaluación de dimensiones y criterios

A	Áreas de actuación	B	C (1-5)	D	E	Evaluación
4.7	**Contexto de organización**	**100**	**2,13**	**40,83**	**1,92**	
	Compresión de la organización y contexto	6,7	2,245648524	3,01	44,91	Mal
	Compresión de necesidades y expectativas de las partes	54,3	2,03393701	22,09	40,68	Mal
	Determinación del alcance del SGE	13,9	2,521468647	7,01	50,43	Mal
	SGE	25,1	1,738510506	8,73	34,77	Mal
46.6	**Liderazgo**	**100**	**2,98**	**62,04**	**28,91**	
	Liderazgo y compromiso	72,4	3,073704709	44,51	61,47	Regular
	Política energética	19,3	3,536020861	13,65	70,72	Regular
	Roles, responsabilidad y autoridad organizativa	8,3	2,339861626	3,88	46,80	Mal
9.3	**Planificación**	**100,1**	**2,29**	**45,14**	**4,20**	
	Acciones para tratar riesgo	46,8	2,245648524	21,02	44,91	Mal
	Revisión energética	9,2	2,521468647	4,64	50,43	Mal
	Indicadores de rendimientos energéticos	27,4	2,119268045	11,61	42,39	Mal
	Base energética	5,7	2,03393701	2,32	40,68	Mal
	Recolección de datos energéticos	11	2,521468647	5,55	50,43	Mal
20	**Soporte**	**100,1**	**2,37**	**50,34**	**10,07**	
	Recursos	21,1	2,419943249	10,21	48,40	Mal
	Competencia	4,7	2,245648524	2,11	44,91	Mal
	Conciencia	56,5	2,671833965	30,19	53,44	Mal
	Comunicación	6,8	2,521468647	3,43	50,43	Mal
	Información documentada	11	2	4,40	40,00	Mal
19.3	**Mejoras continua**	**100**	**2,68**	**52,29**	**10,09**	
	No conformidad y acciones correctivas	30	2,831166172	16,99	56,62	Mal
	Mejoras continua	70	2,521468647	35,30	50,43	Mal

Para este paso, se condensa la evaluación final de las dimensiones, reflejadas en la Tabla 9.

Tabla 9. Resultado de la evaluación de las dimensiones y final

Áreas de actuación	Meta	Evaluación	%
Contexto de organización	4,7	1,92	40,83
Liderazgo	46,6	28,91	62,04
Planificación	9,3	4,20	45,14
Soporte	20	10,07	50,34
Mejoras continua	19,3	10,09	52,29
Total	100	55,19	***Inocencia***

Paso 3: Conclusiones de la auditoría

Al concluir el análisis del segundo escenario auditado y la auditoría de calidad, obtuvimos nuevamente la calificación de Inocencia. A continuación relacionamos los hallazgos encontrados en la auditoría.

- Contexto de la organización: determinar las cuestiones externas e internas, las partes interesadas y sus requisitos, los límites y la aplicabilidad del SGEn y establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente el SGEn.
- Liderazgo: la alta dirección está identificada y comprometida con la mejora, hay capacidad para cambios que mejoren la gestión energética. Las responsabilidades y autoridades están asignadas y comunicadas para algunos cargos, siendo necesario establecer y divulgar al resto de los trabajadores.
- Planificación: determinar los riesgos y las oportunidades, planificar las acciones para abordar los mismos, están los objetivos y las metas energéticas, se realizan las revisiones energéticas aunque no incluyen todos los requisitos establecidos por la norma y se debe tener mayor divulgación de los indicadores del desempeño energético y de las líneas de base energética.
- Soporte: determinadas las competencias de las personas que integran el grupo energético, pero deben identificarse y divulgarse las del resto de los trabajadores, lograr mayor participación del personal en las tareas e involucrarlo consciente de la importancia que tiene la implementación de un SGEn, se debe lograr mayor comunicación sobre los temas energéticos. Existe parte de la evidencia, pero en sí la documentación que se necesita como: procedimientos e instrucciones generales y específicas establecidas por un sistema de gestión de la energía, está incompleta.

- Mejoras continuas: a pesar de no estar implementado el SGEn según norma ISO 50001, se detectan las No conformidades de las auditorías internas y externas que se realizan y se aplican las acciones correctivas para eliminar la causa principal de su origen; el SGEn debe mejorar continuamente la idoneidad, adecuación y eficacia.

Teniendo en cuenta los hallazgos relacionados se propone un plan de mejora continua, que incluye todos los criterios evaluados de mal en cada dimensión, con vistas a revertir esta situación y poder implementar la NC ISO 50001 y de esta forma obtener una mejor Calidad en la Gestión Energética en la Empresa Eléctrica de Oriente (Palmer, 2012)

IV. Conclusiones

1. Se diagnosticó el sistema de gestión de la energía en la empresa, analizando el consumo de los principales portadores energéticos, en el que se identificó que el mayor consumo lo representa la energía eléctrica, por lo cual se elaboró un plan de acción para lograr disminuirlo.

2. Se estableció una metodología con enfoque multicriterio para determinar los parámetros que contribuyen a la toma de decisión, para la ejecución de la auditoría a la calidad del SGEn y de esta forma poder direccionar eficientemente los recursos energéticos.

3. Se perfeccionaron los métodos para la ejecución de la auditoría a la calidad del SGEn al establecer la fundamentación, los algoritmos y la extensión de un nuevo enfoque del método, a través del AHP e integración multi e interdisciplinaria y se propuso un plan de mejora continua con vistas a revertir esta situación y poder implementar la NC ISO 50001.

V. Referencias Bibliográficas

Arce López, A. (2014, 2014). Desarrollar los procesos para la implementación del sistema sap (sistemas, aplicaciones y productos) para mejorar la eficiencia de los procesos técnicos, en la división de concretos del grupo gorsa sa de cv.

Borroto Pentón, Y. (2005). Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en la provincia Villa Clara. In.

Correa Soto, J. B. N. A. E. G. Á. R. C. M. M., & Díaz Rodríguez, A. M. (2014, 2014). Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001: 2011. *Ingeniería Energética*, 35(1), 38-47.

Chapman, S. E. J. H. L. H. M. P. J. R. M. H., & Myers, R. (2019). Complexity and entanglement for thermofield double states. *Complexity and entanglement for thermofield double states. SciPost physics, 6*(3).

González, R. R. B. R. M. G., & Escobar, A. (2016). Aplicación de un Sistema de Gestión de la Calidad NC-ISO 9001 a la dirección del posgrado académico. R*evista Cubana de Educación Médica Superior, 30*(3), 534-545.

Martins, F. F. C. S. M., & Caetano, N. (2019). Analysis of fossil fuel energy consumption and environmental impacts in European countries. *Energies, 12*, 964.

Nordelo, A. B., & Caminos, C. (2013). Recomendaciones Metodológicas para la Implementación de Sistemas de Gestión de la Energía según la Norma ISO 50001. In: Editorial Universo Sur ISBN.

Palmer, H. R. A. (2012). Auditoría y evaluación de la gestión de la calidad en el mantenimiento: La Habana, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría.

Pohekar, S. D., & Ramachandran, M. (2004). Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—A review. *Renewable and sustainable energy reviews, 8*(4), 365-381.

Posada Arce, M. (2020). Documentación de la mejora continua en la empresa Pinturas y Químicos del Pacífico con los lineamientos de la Norma ISO 9001: 2015.

Romero, C. (1996). Análisis de las decisiones multicriterio. *Isdefe Madrid., 14*.

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

Contribución de los autores: Conceptualización y curación de datos: Ángel Eugenio Infante Haynes, Hiovanis Castillo Pantoja, Manuel Germia Rodríguez Romero y Ricardo Lorenzo Ávila Rondón; Análisis formal, Investigación y Metodología: Ángel Eugenio Infante Haynes, Hiovanis Castillo Pantoja, Manuel Germia Rodríguez Romero y Ricardo Lorenzo Ávila Rondón; Supervisión: Ángel Eugenio Infante Haynes; Redacción-borrador original: Ángel Eugenio Infante Haynes y Hiovanis Castillo Pantoja; Redacción-revisión y edición: Ángel Eugenio Infante Haynes, Hiovanis Castillo Pantoja.

Recibido: 5 de diciembre de 2023
Aceptado: 20 de diciembre de 2023