

**DEPARTAMENTO INGENIERIA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERIA INDUSTRIAL**

TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

**IDENTIFICACION DE OPORTUNIDADES DE MEJORA PARA LA GESTIÓN
EFICIENTE DE ENERGÍA EN LA EMPRESA PROMACSS.**

***IDENTIFICATION OF IMPROVING OPPORTUNITIES FOR THE EFFICIENT STEP OF
ENERGY AT THE COMPANY PROMACSS.***

Autor: José Aquiles Camejo Pacheco

Tutora: Profesora Asistente, Ing. Eilyn Panal Leiva

**Sancti Spíritus
2022**

Copyright©UNISS

Copyright©UNISS

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, y se encuentra depositado en los fondos del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación “Raúl Ferrer Pérez”, subordinado a la Dirección General de Desarrollo 3 de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información, contacte con:

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación “Raúl Ferrer Pérez”.
Comandante Manuel Fajardo s/n, esquina a Cuartel, Olivos 1. Sancti Spíritus. Cuba. CP.
60100

Teléfono: **41-334968**

Pensamiento

*“ Los beneficios sobre el papel no hacen pan:
la Mejora de la Calidad y la Productividad sí. ”*

El apoyo no es suficiente: Hay que actuar

Edward Deming

Dedicatoria

A mi familia, en especial a mi madre

Agradecimientos

Gracias a todos los que me apoyaron

*A mi familia, mis amigos, mis compañeros de aula, mis
profesores, mi tutora, compañeros de trabajo.*

Gracias infinitas...

Resumen

El desarrollo de una economía de eficiencia energética deviene un desafío global, el impacto de la industria de procesos es crucial para alcanzar los objetivos energéticos y medioambientales propuestos. Ante tales exigencias, se reconoce la necesidad de una gestión eficiente de la energía que garantice mantener el estándar de competitividad que demanda el mercado actual. En este contexto, la presente investigación se desarrolla en la Empresa Productora de Materiales de Construcción de Sancti Spíritus (PROMAC SS) con el objetivo de evaluar oportunidades de mejora en el desempeño energético y operacional del proceso de fabricación de ladrillos en función del mejoramiento continuo de la calidad. La investigación parte del análisis de los referentes teóricos y conceptuales para la concepción de un procedimiento que se fundamenta en los requisitos de la NC ISO 50 001 sobre la implementación de sistemas de gestión de la energía. Se utilizaron métodos empíricos para el análisis y recolección de la información, así como métodos estadísticos que permitieron caracterizar usos significativos de la energía. Se emplearon herramientas como Diagramas de Dispersión y Correlación para la estimación de comportamientos en el consumo, así como el Método de Expertos para el establecimiento de las prioridades en la gestión. Como resultados se obtuvo: la identificación y evaluación de las oportunidades de mejora que contribuyen a elevar el desempeño energético y la eficiencia operacional del proceso para aspirar a niveles de calidad superior.

Palabras claves: eficiencia energética, enfoque de procesos, industria ladrillera.

Abstract

The development of an economy of energetic efficiency happens a global challenge the impact of the industry of processes is crucial to attain the energetic and environmental proposed objectives. In front of such requirements, the need of an efficient step of the energy that the standard of competitiveness that demands the present-day market guarantee maintaining is recognized. In this context, present it investigation develops at Sancti Spíritus's Productive Company of Construction Materials (PROMAC SS) for the sake of evaluating improving opportunities in the energetic and operational performance of the manufacturing process of bricks in terms of the continuous improvement of quality. The investigation departs from the referent theoreticians' analysis and judge them for the conception of a procedure that ISO is based on the NC's requirements 50 001 for the implementation of systems of step of energy. They utilized empiric methods for analysis and the information's anthology, as well as statistical methods that they allowed characterizing significant uses of energy. The tools were used as Dispersion's Diagrams and Correlation for the esteem of behaviors in consumption, as well as Expertise's Method for the establishment of the priorities in the step. As results were obtained: The identification and evaluation of the improving opportunities that contribute to raising the energetic performance and the operational efficiency of the process to aspire to high-grade levels.

Key words: Energetic efficiency, process management, brickmaking industry.

Índice

Introducción.....	1
Capítulo 1. Marco teórico referencial.....	5
1.1. Introducción.....	5
1.2. Panorama energético mundial.....	5
1.2.1. Eficiencia energética en el contexto industrial.	8
1.2.2. ISO 50 001 sobre la implementación de Sistemas de Gestión de la Energía (SGEn).....	9
1.3. Enfoque de proceso como estrategia de gestión empresarial.....	12
1.3.1. Requisitos para procesos en escenarios energéticos – operacionales.	15
1.4. Tecnologías energéticas para la fabricación de ladrillos.	16
1.5. Marco estratégico legal de la eficiencia energética en Cuba.....	18
1.5.1. Gestión Total Eficiente de la Energía (GTEE)	20
1.6. Herramientas para la gestión e identificación de oportunidades de mejora energética en la producción y los servicios.	23
1.7. Conclusiones parciales	25
Capítulo 2. Procedimiento para la evaluación de oportunidades de mejora energética en el proceso de elaboración de ladrillos de PROMAC SS.....	26
2.1. Introducción.....	26
2.2. Premisas para la fundamentación del enfoque de procesos.	27
2.3. Procedimiento para la evaluación de oportunidades de mejora energética en el proceso de elaboración de ladrillos.....	28
2.3.1. Etapa previa.....	30
2.3.2. Etapa 1: Diagnóstico del escenario organizacional.	29
2.3.3. Etapa 2: Revisión energética	29

2.3.4	Etapa 3: Evaluación del desempeño energético-operacional	33
2.3.5	Etapa 4: Definición de la estrategia para la mejora continua.....	35
2.4	Conclusiones parciales	36
Capítulo 3. Evaluación de oportunidades de mejora energética del proceso de fabricación de ladrillos en la Empresa PROMAC SS.....		37
3.1.	Introducción.....	37
3.2.	Caracterización de la Empresa Productora de Materiales de Construcción de Sancti Spíritus (PROMAC SS)	37
3.3.	Aplicación del procedimiento propuesto para la evaluación de oportunidades de mejora energética del proceso de fabricación de ladrillos.....	39
3.3.1.	Resultados de la ETAPA PREVIA	39
3.3.2.	ETAPA 1: Diagnóstico del escenario organizacional.....	40
3.3.3.	ETAPA 2: Revisión energética.....	42
3.3.4.	ETAPA 3: Evaluación del desempeño energético operacional	51
3.3.5.	ETAPA 4: Estrategia para la mejora continua.....	53
3.4.	Conclusiones parciales.	55
Conclusiones generales		56
Recomendaciones.....		57
Bibliografía.....		58
ANEXOS		63

Introducción

La apuesta por un desarrollo sostenible deviene un reto global que impacta significativamente en el cumplimiento de la Agenda 2030, el desarrollo de una economía de eficiencia energética representa una alternativa viable para la concesión de estos objetivos (CEPAL, 2021).

Desde los inicios la historia de la humanidad, el desarrollo ha estado asociado al consumo de energía para satisfacer necesidades, como entrada de los procesos productivos, es un bien esencial y básico para la evolución de la sociedad. Al descubrirse nuevas maneras de crear y obtener la energía, se perfeccionaron las tecnologías energéticas hasta llegar al esquema global actual donde, de acuerdo con A. E. Borroto Nordelo y Monteagudo Yanes (2006), la utilización de los combustibles fósiles adquiere un rol preponderante. Este tipo de fuente, no renovables y contaminantes en alto grado, tiene la particularidad de estar concentrados en pocas regiones del planeta, y bajo la explotación de grandes consorcios transnacionales, situación que determina las características del mercado actual en cuanto a la accesibilidad y las variaciones de los precios de este importante insumo.

En el ámbito de las industrias de proceso, y sus actividades de soporte en general, la gestión económica productiva gira en torno a un consumo energético. Hernández et al. (2019) describe el fenómeno como “descarbonización de la economía”; refiere el cambio de tecnologías y técnicas adaptadas a las necesidades ambientales, económicas y sociales como la propuesta para solventar o reducir los problemas energéticos.

Para estos sectores, la eficiencia energética representa la posibilidad de reducir la intensidad y la demanda (Rosero et al., 2013). Se necesitan novedosos modelos para poder hacer frente a los nuevos requisitos de mínimo consumo y consumo sostenible, al mismo tiempo que se realiza la transición a un sistema energético descarbonizado (Cerdá, 2018).

Al respecto, la decisión de desarrollar e implementar las Normas ISO 50 001 sobre la implementación de sistemas de gestión de la energía (SGEn) respondió de manera efectiva a las nuevas exigencias, permitiendo a las organizaciones el establecimiento de sistemas y procesos para la mejora del rendimiento en el uso de la energía, a través de la reducción de costos y emisiones contaminantes, lo cual garantiza un desempeño

energético superior y de eficiencia energética de manera continua (Organización Internacional de Normalización, 2019).

Si bien el tema es de gran relevancia en países donde el abastecimiento de portadores energéticos representa una limitante, ONURE (2022) reconoce que los SGEN han demostrado su éxito como una metodología, con independencia de los enfoques y herramientas utilizados en cada proceso productivo, independientemente de su tamaño o actividad.

Para el caso de Cuba, en su condición de país subdesarrollado, más que un compromiso de estado, el uso racional de la energía y la utilización de fuentes renovables (FRE) es un pilar estratégico en su modelo económico social (Comité Central del Partido Comunista de Cuba, 2021). A pesar de las aspiraciones nacionales de disminuir el gasto de energía convencional, Sánchez et al. (2019) refiere que persisten prácticas inadecuadas para la gestión eficiente de la energía, fundamentalmente en centros altos consumidores, como el caso de las industrias de fabricación de materiales de la construcción.

Específicamente en la industria ladrillera, el consumo de energía está presente durante todo el proceso de fabricación de ladrillos, a través de las tres formas fundamentales de transferencia de calor (Incropera & Dewitt, 1999); no obstante, resulta válido señalar que el consumo más alto está asociado a la etapa de horneado o cocción, independientemente de la tecnología que se utilice (Bravo Amarante et al., 2014). Sobre el tema, Cancio-Bello et al. (2021) asegura que muchas ocasiones las acciones se limitan al seguimiento mensual de indicadores, con soluciones a corto plazo y con carácter aislado, por lo que constituye una necesidad incorporar la gestión de la energía a las prácticas habituales de sus centros productivos.

En este sentido, y en un contexto donde la economía cubana se plantea significativas transformaciones, dirigidas en su mayoría a propiciar el incremento máximo de la eficiencia y productividad, se necesita de procesos que otorguen flexibilidad a la industria, tanto desde el punto de vista tecnológico como organizacional, cuestión que favorece el cumplimiento de los planes de producción, el aumento de la eficiencia energética y la calidad de la producción terminada. Las condiciones extremas relativas a la inestabilidad e inaccesibilidad de las fuentes de combustible, precisan de la correcta identificación de

las potencialidades de mejora en materia de energía como una prioridad para lograr desempeños energéticamente superiores.

En este contexto, la Empresa Productora de Materiales de Construcción de Sancti Spíritus (PROMAC SS), perteneciente al Poder Popular Sancti Spíritus, produce materiales de construcción destinados a importantes programas de inversiones en el territorio como es el caso del Programa Nacional de la Vivienda. La fabricación de ladrillos resulta de vital importancia para la empresa, la comercialización de este producto aporta el 50% de sus valores de producción mercantil. Hacia los últimos años, análisis realizados por la alta dirección reflejan que el deterioro de los centros productores limita la capacidad tecnológica de operaciones de alta demanda térmica de este proceso, lo cual genera inestabilidad en el comportamiento de los índices de consumo y excesivos gastos que afectan considerablemente los niveles de competitividad de esta industria, con un impacto significativo en el cumplimiento de los planes de producción de la empresa, elementos que constituyen la **situación problemática** a resolver.

Lo descrito evidencia como **problema de investigación** que: las prácticas inadecuadas en la gestión de la energía de la Empresa PROMAC SS afectan el desempeño energético y operacional del proceso de fabricación de ladrillos con impactos significativos en la pérdida de capacidad productiva de esta industria.

Como **hipótesis de investigación** se plantea que, si se utiliza un enfoque de procesos para la identificación de las oportunidades de mejora en el desempeño energético y operacional de la fabricación de ladrillos, la Empresa PROMAC SS contará con una herramienta robusta para la gestión eficiente de la energía.

Para dar respuesta al problema planteado, el **objetivo general** es Evaluar oportunidades de mejora en el desempeño energético y operacional del proceso de fabricación de ladrillos en la Empresa Productora de Materiales de Construcción Sancti Spíritus (PROMAC SS).

Como **objetivos específicos**:

1. Construir el marco teórico referencial como resultado del estudio de las buenas prácticas del sector ladrillero, tendencias actuales de gestión, herramientas de calidad y eficiencia energética en procesos industriales.

2. Diseñar un procedimiento fundamentado en la NC ISO 50001:2019 y con enfoque de procesos para la identificación de oportunidades de mejora en el desempeño energético y operacional de la fabricación de ladrillos en la Empresa PROMAC SS.
3. Evaluar las oportunidades de mejora del desempeño energético y operacional en la fabricación de ladrillos por medio de la aplicación del procedimiento propuesto.

La concepción del procedimiento se fundamentó en los requisitos establecidos en la NC ISO 50 001 para la implementación de los sistemas de gestión de la energía. Para su aplicación se utilizaron métodos empíricos como entrevistas, revisión de documentos y análisis de relaciones referente al proceso objeto de estudio, métodos estadísticos para el procesamiento de la información, así como herramientas útiles para la gestión de procesos como el Diagrama de Pareto, Diagrama Causa – Efecto y Diagramas OTIDA para la descripción del proceso.

La estructurada investigación se sustenta en:

- Capítulo 1: se realiza el análisis crítico del estado del arte y la práctica en aspectos relacionados con el contexto energético, la gestión de procesos industriales y la eficiencia energética en el sector ladrillero.
- Capítulo 2: se describen los materiales y métodos utilizados en el diseño del procedimiento propuesto para la identificación de oportunidades de mejora energética del proceso de elaboración de ladrillos.
- Capítulo 3: se evalúan las oportunidades de mejora para el proceso objeto de estudio como resultado de la aplicación del procedimiento propuesto en la Empresa PROMAC SS.

Como principales resultados se obtiene la identificación y evaluación de las oportunidades de mejora energética para la fabricación de ladrillos, a partir de la utilización de un enfoque de proceso que garantiza el cumplimiento de requisitos energéticos para la mejora continua de la eficiencia operacional.

Capítulo 1. Marco teórico referencial

1.1. Introducción

El presente capítulo muestra una revisión sistemática de los principales referentes teóricos y conceptuales para la fundamentación de la investigación. Como estrategia para la elaboración del marco teórico y referencial se utilizó un hilo conductor (Figura 1.1) donde se analizan aspectos del contexto energético internacional y nacional, la eficiencia energética en procesos industriales y las tendencias actuales para la gestión por procesos.

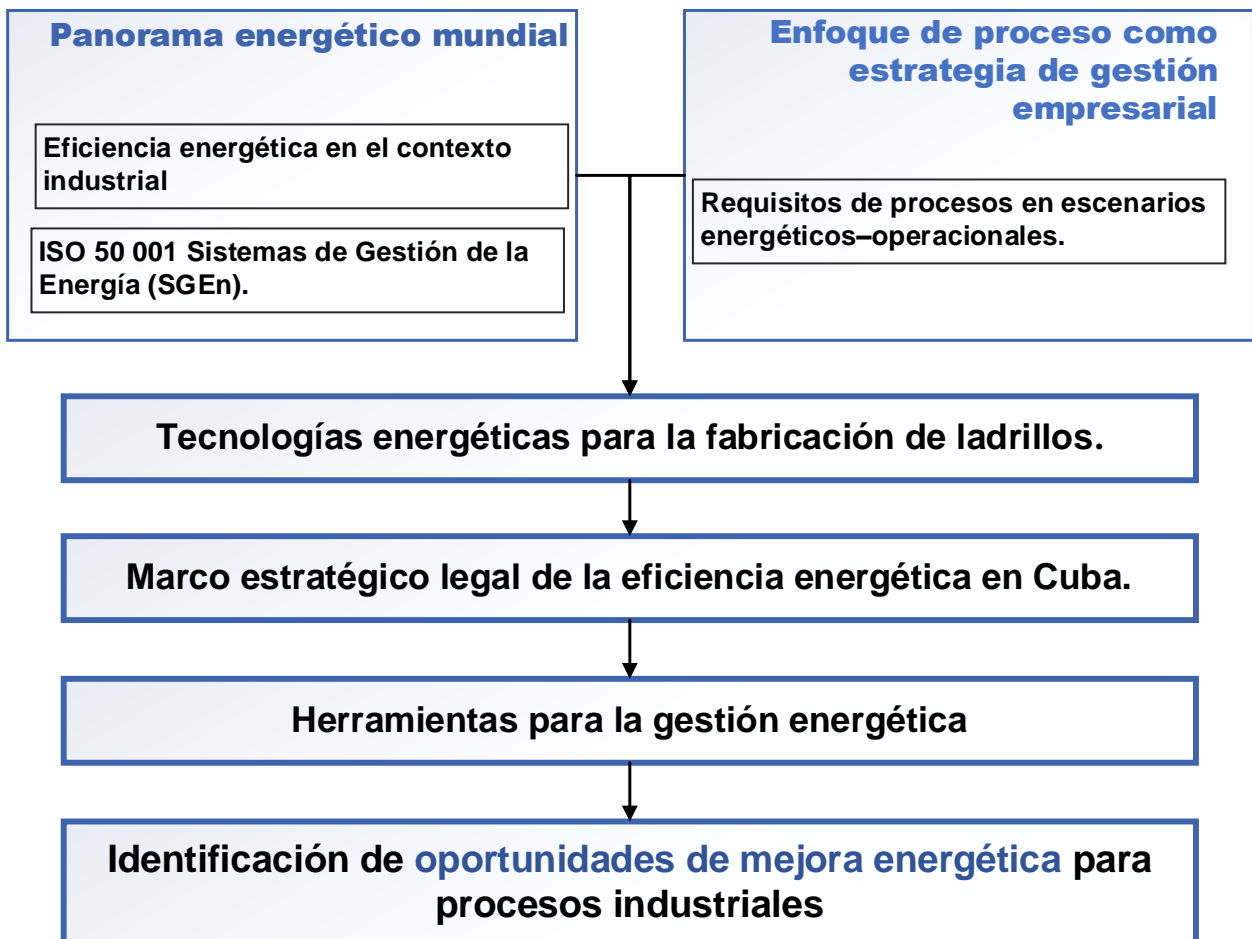


Figura 1. 1 Estrategia para la construcción del marco teórico-práctico referencial de la investigación. Fuente: Elaboración propia del autor.

1.2. Panorama energético mundial

La apuesta por un desarrollo sostenible deviene un reto global que impacta significativamente en el cumplimiento de la Agenda 2030; ante tal contexto, Consejo de Estados y de Ministros de la República de Cuba (2015) asegura que el desarrollo de una

economía de eficiencia energética representa la alternativa más viable para la concreción de tales objetivos. En un escenario signado por la crisis energética mundial, el aumento de la demanda de energía y el enorme incremento de los costos energéticos perpetúan a diversos sectores a la búsqueda constante de rentabilidad, en la medida que se logre ser más flexible mayor será la competitividad en el mercado global.

La creciente preocupación por el medio ambiente y los efectos del cambio climático han hecho que los países y organismos internacionales centren su atención en modelos de desarrollo basados en la sostenibilidad. En este contexto, la Asamblea General de Naciones Unidas proclamó el año 2012 Año Internacional de la Energía Sostenible para Todos, con la firme convicción de que sería un motor para impulsar este nuevo modelo, así como la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. En este sentido, la Comisión Europea estima que una reducción del 20% en el consumo energético en los estados miembros supondría ahorrar cerca de 50.000 millones de euros al año, reduciría las emisiones de CO₂ en 740 millones de toneladas y crearía más de dos millones de empleos. (ENDESA, 2012).

Otro factor importante a considerar ha sido la meta impuesta por los países desarrollados de disminuir las emisiones de CO₂ y la búsqueda de alternativas energéticas debido al agotamiento de recursos como el petróleo, gas y carbón.

Hacia 1973, aproximadamente el 76% del consumo total correspondía a petróleo y derivados de petróleo, gas natural y carbón mineral, mientras que en el 2018 hay una reducción porcentual alcanzando el 67% y registrándose un incremento en el consumo de electricidad en 10 puntos porcentuales (Organización Latinoamericana de Energía, 2020).

A tales efectos, la matriz de consumo energético global se ha diversificado significativamente (Figura 1.2); su composición estructural cambió con la inclusión de fuentes de energía más limpias, destacándose un mayor empleo del gas natural, denominado como el energético de la transición, y la electricidad.

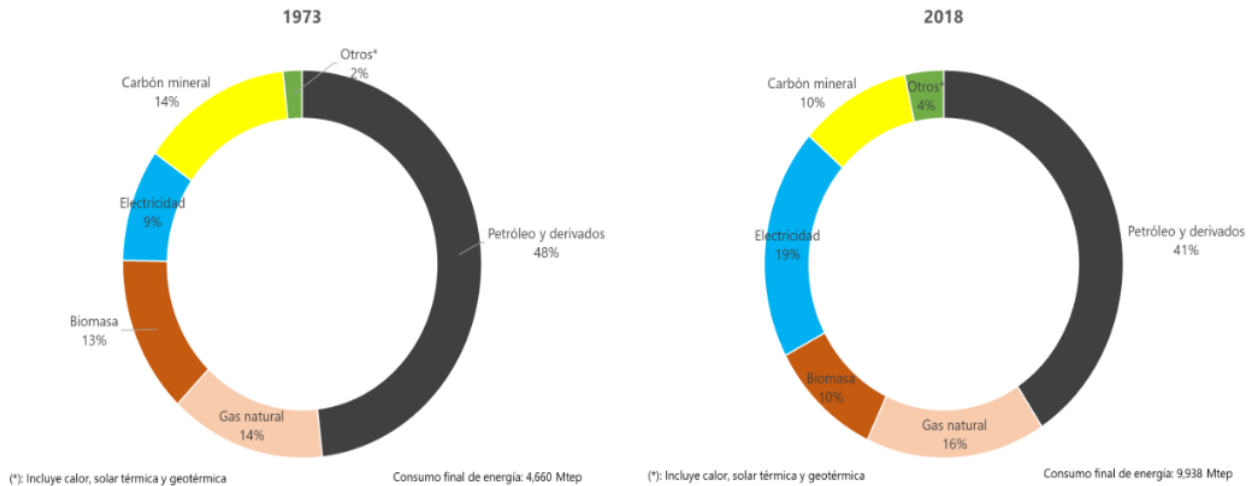


Figura 1. 2 Situación del consumo energético a nivel mundial y para América Latina y el Caribe (ALC). Fuente: (Organización Latinoamericana de Energía, 2020)

En el caso de América Latina y el Caribe (Figura 1.3), (Organización Latinoamericana de Energía, 2020) refiere que el consumo final de energía en el 2019 fue de 618 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep), aproximadamente 4 veces más que el consumo registrado en 1973. El consumo final en la región está predominado por petróleo y derivados registrando en el 2019 una participación superior al 50% y con una tendencia del incremento de la utilización de electricidad, gas natural y fuentes renovables.

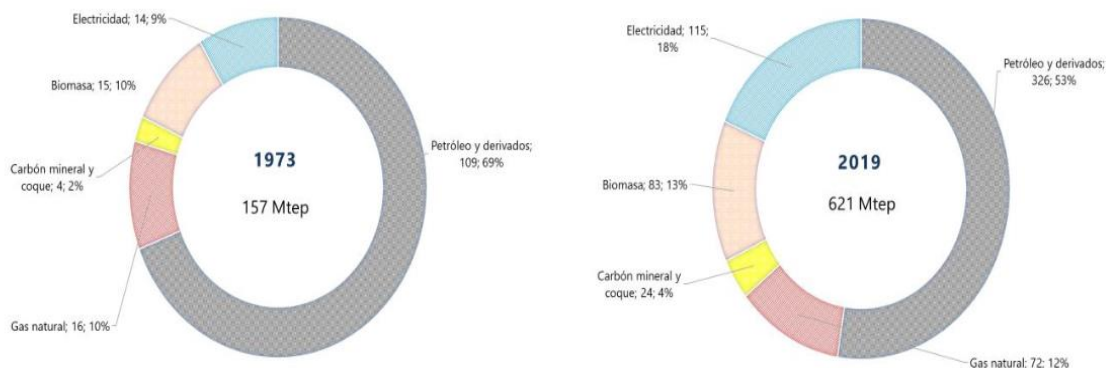


Figura 1. 3 Consumo final de energía a nivel mundial y para América Latina y el Caribe (ALC). Fuente: (Organización Latinoamericana de Energía, 2020).

Al respecto (Hernández et al., 2019) describe el fenómeno como “descarbonización de la economía”; refiere el cambio de tecnologías y técnicas adaptadas a las necesidades ambientales, económicas y sociales como la propuesta para solventar o reducir los

problemas energéticos. Se necesitan novedosos modelos para poder hacer frente a los nuevos requisitos de mínimo consumo y consumo sostenible, al mismo tiempo que se realiza la transición a un sistema energético descarbonizado (Cerdá, 2018).

En este escenario la energía juega un papel clave, como entrada de los procesos productivos es un bien esencial y básico para el desarrollo; la industria, los servicios y en general toda la actividad económica giran en torno a un consumo energético. Para este sector, la eficiencia energética representa la posibilidad de reducir la intensidad y la demanda, (Rosero et al., 2013) refleja que las medidas y políticas adoptadas en este sentido han contribuido a que entre el año 2000 y el 2015, los niveles de eficiencia energética en los países miembros de la IEA se incrementaran en un 14%. Aun así, en opinión de (Collado Baldoquín et al., 2019) las políticas deben evaluarse de manera general como perspectiva para afrontar la problemática acorde a las características de cada región.

1.2.1. Eficiencia energética en el contexto industrial.

La eficiencia energética, según (OptimaGrid, 2011) se entiende por la relación entre la producción de energía útil u otro producto físico útil que se obtiene por medio de un sistema, un proceso de conversión o una actividad de transmisión o almacenamiento y la cantidad de energía consumida (medida en kWh/kWh, toneladas/kWh o en cualquier otra medida física del producto útil, como la tonelada/km transportada, etc.).

Definiciones ofrecidas por otros autores, aluden a las mejores prácticas para obtener el óptimo de la relación entre producción y consumo de energía (Fajardo Cuadro et al., 2015); (Gómez Sarduy et al., 2018); (Valdivia Nodal et al., 2019). Su aumento se puede alcanzar manteniendo un mismo nivel de producción, pero con un menor consumo energético. (SchneiderElectric, 2016) plantea que como objetivos está ahorrar energía, aumentar la productividad y ser fiable.

Desde una perspectiva más general, el camino hacia la eficiencia energética en las empresas tiene que recorrerse adoptando estrategias encaminadas hacia:

- Reducción de la demanda energética
- Diversidad energética
- Máximo aprovechamiento del uso de energías renovables
- Innovación tecnológica

- Autoconsumo a través de microrredes
- Modificación de los hábitos de consumo

Por ende, en un contexto industrial la eficiencia energética refiere a la optimización de los consumos energéticos de una instalación, de tal manera que para realizar una misma operación se reduzca el consumo energético sin disminuir la calidad del servicio prestado.

(Martínez Pérez et al., 2022) Dentro sus objetivos claves está:

- Ahorro energético: implica no sólo la reducción del consumo, sino también la reducción de emisiones que afectan al medio ambiente. De todos los costos operativos, el energético es el más fácil de controlar, pero para su reducción es indispensable un control continuo, una gestión adecuada de la información y una asesoría energética efectiva.
- Mejora de la productividad: se centra en optimizar el rendimiento de los equipos y de los procesos, facilitando un correcto mantenimiento.
- Disponibilidad y fiabilidad: La supervisión energética permite garantizar la continuidad del suministro, maximizar el tiempo operativo de su proceso productivo, y alcanzar los requerimientos de calidad y tiempos de respuesta.

Se puede decir que la eficiencia energética es, de momento, un tema de consciencia medioambiental al que las administraciones están perpetuadas para mantener su competitividad en el mercado global actual. Es por ello que la Eficiencia Energética implica una nueva forma de pensar de científicos, académicos y de los actores del sector gubernamental e industrial para la necesaria gestión, a través de un sistema organizado, estructurado y de control que garantice la máxima eficiencia en la conversión y utilización de la energía.

1.2.2. ISO 50 001 sobre la implementación de Sistemas de Gestión de la Energía (SGEn).

Sobre los sistemas de gestión energética, (Pérez González, 2016) asevera que al igual que los sistemas de gestión anteriores, se precisa de una guía, una norma que estandarice lo debe hacerse para implementarlo, mantenerlo y mejorarlo continuamente, siempre y cuando sea con la menor cantidad de recursos, en el menor tiempo y con la mayor efectividad posible.

Con estos fines, en junio de 2011 se publicó la Norma ISO 50001 (Organización Internacional de Normalización, 2019), la cual está basada en una amplia capacidad de aplicación en todos los sectores económicos. (A. Borroto Nordelo, 2013) asegura que su aplicación incidirá en un amplio conjunto de organizaciones, en suma, representan cerca de un 60% de la demanda energética mundial, con un incremento de la eficiencia energética a largo plazo de un 20% o más en las instalaciones industriales. Para la ISO, la gestión energética es uno de los cinco campos principales dignos del desarrollo y la promoción que ofrecen las Normas Internacionales y se espera que una norma de sistemas de gestión energética logre un mayor incremento de la eficiencia energética a largo plazo.

Es por ello que, dentro de la gestión de la eficiencia energética, la Certificación ISO 50001 implica ciertas ventajas relacionadas con el aumento de la cultura energética en la empresa y la utilización de mejoras energéticas en obras de nueva y vieja construcción. No obstante, pueden presentarse importantes dificultades, a las que la organización debe de hacerle frente tales como el control de los equipos de medición empleados, la necesidad de indicadores y objetivos para la mejora de tipos de obra o fases y la periódica actualización de los balances de materia y energía (Risholt et al., 2013).

Dado que los gastos asociados al uso de la energía representan una parte importante de los costos operativos de las empresas, (Ahern et al., 2016) asevera que una reducción en los mismos contribuye de forma importante a su competitividad, todo concebido desde una perspectiva robusta. Para ello los SGEN se basan en el modelo de mejora continua o ciclo de Deming (Figura 1.4).

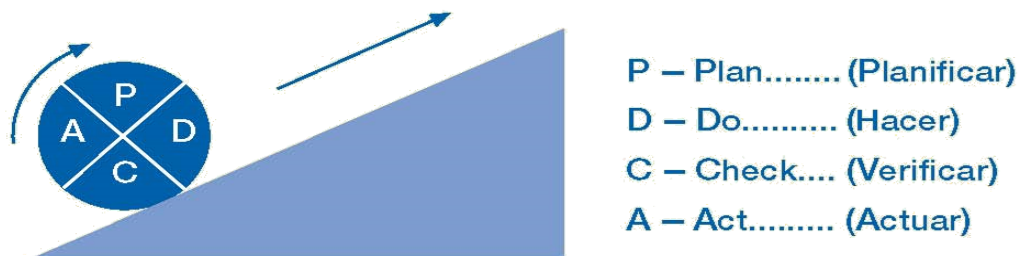


Figura 1. 4 Ciclo de Deming para la mejora continua. Fuente: (Beltrán Sanz, 2001).

(López Gómez, 2018) plantea que ya en el proceso de implantación por las empresas alrededor del mundo las etapas se definen según:

- Planificar: realizar la revisión y establecer la línea base de la energía, indicadores de rendimiento energético, objetivos, metas y planes de acción necesarios para conseguir resultados de acuerdo con las oportunidades para mejorar la eficiencia energética y la política de energía de la organización.
- Hacer: poner en práctica los planes de acción de la gestión de la energía.
- Verificar: monitorear y medir los procesos y las características claves de sus operaciones que determinan el rendimiento de la energía con respecto a la política energética y los objetivos e informar los resultados.
- Actuar: tomar acciones para mejorar continuamente la eficiencia energética y el Sistemas de Gestión Energética.

Los SGEEn han demostrado su éxito como una metodología para mejorar el desempeño energético de las empresas, independientemente de su tamaño o actividad (Oficina Nacional para el uso racional de la energía (ONURE), 2022).

En diciembre del 2011 Cuba realiza la adopción de la ISO 50001 como Norma Nacional idéntica con la referencia NC ISO50001: 2011 (Berroa Borrell, 2007). En el escenario cubano, diversos estudios han sido desarrollados, tanto en el sector industrial como en la rama de los servicios. Algunos de estos resultados se muestran en la Tabla 1.1.

Tabla 1. 1 Estudios sobre implementación de la NC ISO 50001 en Cuba

Temática	Sector	Autores/año
Valoración de impactos técnicos, económicos y ambientales de oportunidades de ahorro de energía identificadas en la universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”	Educación	ING. Reinel Labrada Mendigutia 2015
Aplicación del sistema de gestión total eficiente de la energía en la pasteurizadora “La Villareña” como etapa preliminar para optar por la certificación ISO 50001	Industrial	Juvier Díaz Dairon 2014
Bases para la implementación de un sistema de gestión energética en la UEB ron “Luis Arcos	Industrial	Regino R Álvarez Cancio Bello 2016

Bergnes” de Cienfuegos basado en la NC-ISO 50001:2019.

Aplicación de herramientas de gestión energética para reducir el consumo de Energía Eléctrica en instalaciones hoteleras. Turismo Pedro Daniel López Gómez 2018

La Gestión Energética En La Fabricación De Piensos Balanceados En Cienfuegos Industrial Gustavo Crespo Sánchez

Fuente: Análisis de la literatura.

No obstante, existen otros co-beneficios que se pueden obtener con la implementación de los SGEEn. expone como ejemplo, una mejora en la imagen tanto al interior de la empresa como hacia el exterior si se combina con una campaña de difusión, en donde se resalten los compromisos de las empresas con la sociedad y el cuidado del medio ambiente. Cumplir tales propósitos reclama de una forma costo efectiva, debido a que precisamente los costos evitados por el uso de la energía servirán posteriormente para recuperar las inversiones asociadas al SGEEn y de las actividades que resulten de su implementación.

Lo anterior demuestra con algunas declaraciones dadas por los organismos encargados de establecer las políticas ambientales, que la Eficiencia Energética se trata como un tema social, según (Santana Hernández, 2018), los ahorros obtenidos permiten incrementar el acceso de la energía a las personas que no la dispongan o en programas sociales que lo requieran.

Según (Dall’O’ et al., 2015) ISO 50 001 proporcionará a las organizaciones del sector público y privado con las estrategias de gestión para aumentar la eficiencia energética, reducir los costos y mejorar el rendimiento energético. Para las plantas industriales, establece el marco para gestionar la energía, de manera que aumenta la eficiencia operacional a partir de la integración de rendimiento energético en sus prácticas de gestión.

1.3. Enfoque de proceso como estrategia de gestión empresarial

Como primer paso para plantear la manera de abordar el enfoque basado en procesos, conviene hacer una reflexión acerca de cómo la norma ISO 9001:2015 establece las estructuras para llevarlo a cabo. La propia norma ISO 9001:2015 «SGC. Requisitos», establece que forma parte de los ocho principios de gestión de la calidad que permiten a

la alta dirección conducir a la organización hacia una mejora del desempeño (ISO, Organización Internacional de Normalización, 2015). Según esta norma, cuando se adopta este enfoque, se enfatiza la importancia de:

- a. Comprender y cumplir con los requisitos.
- b. Considerar los procesos en términos que aporten valor.
- c. Obtener los resultados del desempeño y eficacia del proceso.
- d. Mejorar continuamente los procesos con base en mediciones objetivas.

El énfasis en estos aspectos sirve de punto de partida para justificar la estructura de la propia norma y para trasladar este enfoque a los requisitos de manera particular.

Por su parte, un «proceso» es definido por (ISO, Organización Internacional de Normalización, 2015) como un «conjunto de actividades interrelacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados». Por ende, este principio de gestión es básico y fundamental para la obtención de resultados, (Cardoso Núñez, 2012) asegura además que es una alternativa fundamental para toda organización y constituye una ventaja de preparación para el entorno actual, incierto y cambiante.

El hecho de considerar el enfoque de proceso, un grupo de actividades agrupadas entre sí, permite a una organización centrar su atención sobre las áreas de resultados, que son importantes conocer y analizar para el control del conjunto de actividades y para conducir a la organización a la obtención de los resultados deseados (A. E. Borroto Nordelo & Monteagudo Yanes, 2006). Asimismo, un resultado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos se gestionan como un proceso. Se enfatiza cómo los resultados se alcanzan eficientemente, si se consideran las actividades agrupadas entre sí, transformando unas entradas en salidas, con aporte de valor, al tiempo que se ejerce control sobre éstas.

Enmarcado en este contexto, el sistema de gestión basado en procesos (Figura 1.2) surge a raíz de la necesidad de las empresas por integrar las actividades de sus distintas áreas o departamentos, en aras de identificar la interrelación entre estos y definir las responsabilidades, aspectos clave para garantizar la eficacia operacional (Hernández Palma et al., 2015)

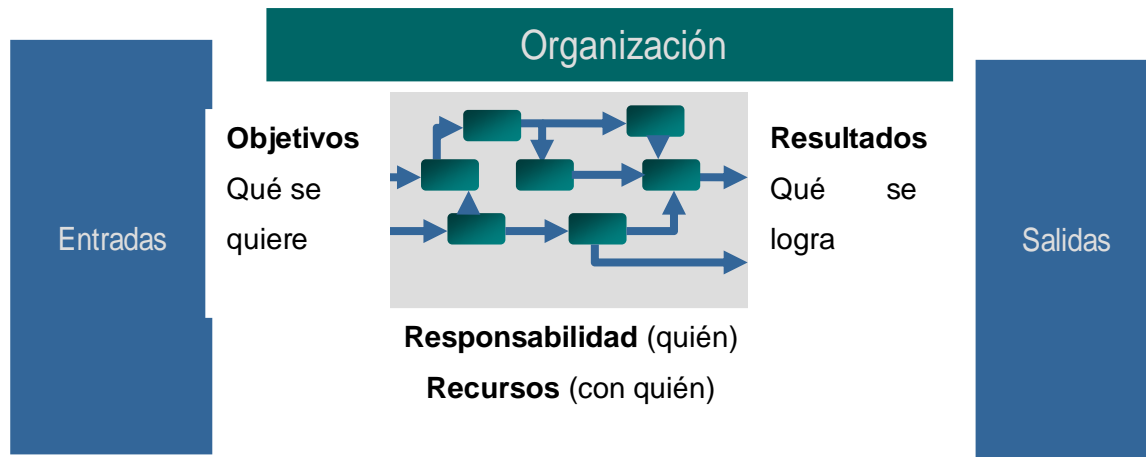


Figura 1. 5 Enfoque basado en procesos. Fuente: (Beltrán Sanz, 2001)

Como propósito, este enfoque aspira a mejorar la eficacia y eficiencia de la Organización para lograr los objetivos definidos en el Plan Estratégico que debería tener la empresa. En este sentido, es necesario fundamentar las acciones en el cumplimiento de la misión de las organizaciones, direccionando las actividades necesarias, hacia la satisfacción del cliente, proveedores, personal, accionista y sociedad en general. Implantar este tipo de modelo, en opinión de (Lapido Rodríguez, 2015), no solo exige una nueva visión de los procesos, sino que además motiva la generación de valores agregados, para cada una de las variantes que intervienen en todo el modelo.

Un enfoque basado en procesos constituye además una excelente vía para organizar y gestionar la forma en que las actividades de trabajo crean valor para el cliente y otras partes interesadas. (Mahto & Kumar, 2008) asumen que la importancia del enfoque basado en procesos se hace también evidente en los fundamentos del modelo EFQM de Excelencia Empresarial. De forma similar a como ocurre las ISO 9000, el modelo EFQM reconoce que existen ciertos conceptos fundamentales que constituyen la base del mismo. La relación de fundamentos de gestión que contempla este modelo no obedece a ningún orden en particular ni trata de ser exhaustiva, ya que los mismos pueden cambiar con el paso del tiempo a medida que se desarrollen y mejoren las organizaciones.

Según este modelo, el enfoque de proceso conduce a una organización a:

- Definir de manera sistemática las **actividades**.
- Identificar **la interrelación** con otros procesos.
- Definir las **responsabilidades** respecto al proceso.

- Analizar y medir los resultados de la **capacidad y eficacia** del proceso. Centrarse en los **recursos y métodos** que permiten la **mejora** del proceso.

Resulta válido destacar, que muchas de las organizaciones tradicionales están estructuradas a menudo como una jerarquía de unidades funcionales. Persiste una gestión vertical, en la que la responsabilidad por los resultados obtenidos se divide entre unidades funcionales. Como consecuencia, el cliente final u otra parte interesada no siempre puede ver todo lo que está involucrado, situación que conlleva a la escasa o nula mejora para las partes interesadas, ya que las acciones están frecuentemente enfocadas en las funciones más que en el beneficio global de la organización.

Es frecuente encontrar que a menudo, se da menos prioridad a los problemas que ocurren en los límites de las interfaces que a las metas a corto plazo de las unidades; en este contexto, el enfoque basado en procesos introduce la gestión horizontal, cruzando las barreras entre diferentes unidades funcionales y unificando sus enfoques hacia las metas principales de la organización (Díaz León, 2017), elementos que otorgan un valor diferenciador superior de calidad.

1.3.1. Requisitos para procesos en escenarios energéticos – operacionales.

Las mejoras en eficiencia energética suelen ser alcanzadas adoptando tecnologías o procesos productivos más eficientes. En este punto, (Amador Soto, 2018) plantea que adoptar un sistema que garantice una adecuada administración de la energía emerge como una de las alternativas más viables.

En un escenario productivo, la gestión de la energía precisa de un procedimiento organizado de previsión y control del consumo, como fin pretende obtener el mayor rendimiento energético posible sin disminuir el nivel de prestaciones obtenidas. (OptimaGrid, 2011). Al efecto, se definen los requisitos aplicables al uso y consumo de la energía, incluyendo la medición, documentación e información, las prácticas para el diseño y adquisición de equipos, sistemas, procesos y personal que posibilitan el mejoramiento continuo del desempeño energético.

Los sistemas de planeación y control de la administración de energía que se aplican hoy en la mayor parte de las empresas en Cuba están retrasadas respecto a los métodos de planeación y control económico que exige el perfeccionamiento de la economía.

Esta situación constituye una oportunidad para la reducción de los consumos y costos energéticos mediante la creación en las empresas de las capacidades técnico-organizativas para administrar eficientemente la energía (Sánchez et al., 2019). El objetivo no es sólo diagnosticar y dejar un plan de medidas, sino esencialmente elevar las capacidades técnico-organizativas de la empresa, de forma tal que esta sea capaz de desarrollar un proceso de mejora continua de la eficiencia energética.

En este sentido, este autor coincide con (A. E. Borroto Nordelo & Monteagudo Yanes, 2006) a que la implantación de un Sistema de Gestión Energética conlleva la revisión de cualquier aspecto relacionado con la energía de una manera continua; lo cual conduce a una reducción constante de los consumos energéticos y a la obtención de mejores resultados en menor espacio de tiempo.

No obstante, la determinación de enfrentar el proceso de mejoramiento, requiere de un análisis de las circunstancias en las que se desarrollará, siendo determinante la tipología del proceso u organización de aplicación y el objetivo que se persiga. Estas valoraciones las realiza (Gómez Avilés, 2006), teniendo en cuenta los aspectos de los modelos de excelencia hasta hoy desarrollados, y que este autor considera se corresponden con la situación que presentan las industrias de materiales de la construcción cubanas, por lo que no se favorece un acercamiento al mejoramiento en este proceso.

1.4. Tecnologías energéticas para la fabricación de ladrillos.

El ladrillo, un producto de cerámica usado desde tiempos antiguos, es todavía valorado por su fácil disponibilidad de recursos, resistencia a cargas, estrés ambiental y su calidad estética (Coletti & Cultrone, 2016). Además, el ladrillo es considerado como uno de los materiales de construcción más preciados de la civilización moderna, debido a su bajo precio y sigue siendo una alternativa para las industrias de construcción por su relación costo beneficio, convirtiéndolo en el material más popular en países del tercer mundo (Sikder & Begum, 2016). Adicionalmente, es uno de los materiales de construcción más durables y ha sido usado en construcción durante toda la historia de la humanidad.

Según refiere la (Oficina nacional de normalización, 2005), el consumo de energía en la producción de ladrillos está presente en todo el proceso, pero su consumo más alto está asociado a la etapa de horneado o cocción, independientemente de la tecnología que se utilice (Bravo Amarante et al., 2014). Para poder emprender acciones de mejora de la

eficiencia energética en la producción de ladrillos, es necesario conocer los fenómenos termodinámicos que están presentes en el interior de un horno en la etapa de cocción. Estos fenómenos están dados por las tres principales formas de transferencia de calor (Incropera & Dewitt, 1999):

- **Conducción:** se manifiesta cuando un objeto a una temperatura está puesto en contacto con otro de menor temperatura, o cuando el calor aplicado al extremo de un objeto se transfiere hacia la otra extremidad.
- **Convección:** cuando un fluido, líquido o gaseoso, absorbe calor de una fuente caliente y lo transporta hacia el objeto más frío.
- **Radiación:** transmisión directa del calor en forma de onda electromagnética y no requiere ni contacto ni fluido intermediario.

La cocción del ladrillo forma parte de un proceso térmico controlado que se realiza a los materiales cerámicos con el fin de convertir el material moldeado irreversiblemente en un producto duro, resistente al agua y a los productos químicos. Existen dos clases de cocción: bicocción, donde la primera cocción es la de bizcocho, en la cual la pasta se madura y a continuación se esmalta el material y se somete a la segunda cocción para la maduración del esmalte; la monococción: tanto pasta como esmalte se maduran a la misma vez por medio de una sola operación (Cengel & Ghajar, 2007).

En el cocido están presentes las tres formas de transmisión del calor. Para cada una de ellas, (Campion & Thiel, 2013) expone que hay parámetros que determinan la eficiencia con que el calor de los gases procedentes de la combustión es cedido al ladrillo (coeficiente de transmisión del calor, capacidad calórica, calidad de los gases, velocidad de los gases, etc.). por tanto, se identifican tres elementos que definen la eficiencia energética en este proceso:

- Los parámetros físico-químicos de la masa de arcilla a hornear
- Las características del combustible utilizado
- El diseño del horno

Como plantea (Pacheco Paladini et al., 2021), la gran diferencia existente entre el calor que se requiere teóricamente para el secado y la cocción de piezas cerámicas y el empleado realmente, da una idea de las posibilidades de ahorro. Ante la demanda de materiales con resistencia a las altas temperaturas y presiones que tengan propiedades

mecánicas superiores, se han desarrollado nuevos productos, con características eléctricas especiales o resistente a la corrosión química. Desde el punto de vista energético, (Rodríguez Ramírez et al., 2020) alude a las mejoras e innovaciones para elevar el rendimiento de las distintas operaciones, se pueden resumir así:

- Disminución del calor de reacción y de secado.
- Disminución de los niveles de temperatura utilizados.
- Disminución del tiempo de las operaciones.
- Disminución de las pérdidas de calor y de materiales (roturas).
- Mejoría de la calidad de los productos finales.
- Uso de calor residual.

La industria cerámica ha pasado en un tiempo relativamente corto de una tecnología artesanal a una tecnología avanzada pasando de procesos de bicocción a procesos de monococción, más eficientes y menos consumidores de energía que los primeros. Sin embargo, el consumo de recursos no renovables hace que sea una de las industrias menos sostenibles del mundo. El impacto ambiental de este sector genera el 30 % de las emisiones de carbono en el mundo, emisiones de otros gases y material particulado, además de generar un impacto negativo en el paisaje y en cuerpos de agua subterráneos y superficiales (IPCC et al., 2018). Este último tema es de gran relevancia en países donde el fuel oil y el diésel resultan una de las principales fuentes de energía.

1.5. Marco estratégico legal de la eficiencia energética en Cuba.

Cuba como país subdesarrollado, no se encuentra ajena a la situación internacional existente, en los últimos años se han realizado acciones importantes para cambiar la situación energética. (Ministerio de Energía y Minas., 2015) refleja que en materia de eficiencia energética algunas acciones están relacionadas con:

- Red Nacional de Eficiencia Energética (Universidades - Empresas).
- Sistema de Gestión Total de la Eficiencia Energética creado en la Universidad de Cienfuegos y difundido a las empresas nacionales.
- Implementación de la Norma Cubana NC ISO 50001.
- Resoluciones que establecen requisitos de eficiencia y consumo a los equipos a importar, y que obligan a detallar aspectos de eficiencia energética de las inversiones desde la etapa de estudio.

- Lineamientos de la Política Económica y Social con incidencia en temas energéticos (242-254,113,131,135,234,267,269,270,295,302) (Comité Central del Partido Comunista de Cuba, 2021)

En mayo del 2004 el Sistema Electroenergético Nacional se vio seriamente afectado, al producirse una avería durante un mantenimiento planificado de la termoeléctrica Guiteras, causando severas afectaciones a la economía nacional. En ese contexto surge, como iniciativa del Comandante en Jefe Fidel Castro, la llamada Revolución Energética, basada en un programa de sustitución de las viejas centrales termoeléctricas por generadores eléctricos, a fin de disponer de un sistema eléctrico sin fallas y suficiente para la nación, y en la renovación de los viejos equipos electrodomésticos.

Sin embargo, lo que comenzó como solución a un problema crítico se ha convertido en una estrategia de empleo racional de la energía. El objetivo fundamental de este proceso era transformar radicalmente el proceso de generación y ahorro de electricidad, el cual se inició aceleradamente en el 2005 y pronto se tradujo en bienestar y calidad de vida para la población. (Labrada Mendigutia, 2015)

En el año 2015 se llevó a cabo la elaboración y aprobación de las normas jurídicas para la implementación de la política del desarrollo prospectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía. El programa previó para los consumidores la instalación de 13 millones de lámparas LED, 2 millones de cocinas de inducción, 100 000 m² de calentadores solares y 80 MW de paneles solares. (Juvier Díaz, 2016).

Por otro lado, en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030 se asume que el Estado promueve la eficiencia energética y el desarrollo de fuentes renovables de energía (Grupo Nacional para la Implementación de & la Agenda 2030, 2021). Uno de los objetivos planteados en el documento refiere: *“Garantizar un suministro energético confiable, diversificado, moderno, a precios competitivos y en condiciones de sostenibilidad ambiental, aumentando sustancialmente el porcentaje de participación de las fuentes renovables de energía en la matriz energética nacional, esencialmente de la biomasa, eólica y fotovoltaica”* (Socorro Carballosa, 2016).

A pesar de la estrategia definida, (Castro Ruz, 2021) señala que aún persisten en nuestro país problemas en la producción de energía como:

- Alta dependencia de combustibles importados para la generación.

- Alto costo promedio de la energía entregada.
- Alta contaminación ambiental.
- Baja utilización de las fuentes renovables de energía.
- Baja eficiencia en la generación térmica.
- Altas pérdidas en las redes de distribución.

En el sector industrial, la implementación de medidas ha favorecido el ahorro de los portadores energéticos. Sobre el tema (Díaz Canel et al., 2021) enfatiza sobre la base de crear nuevos productos y servicios de mejor calidad, se deben crear y aplicar nuevas tecnologías, nuevos materiales, procesos y productos, así como mejorar la productividad de los factores de producción y la eficiencia en la utilización de la energía. No obstante, la determinación de enfrentar el proceso de mejoramiento requiere de un análisis de las condiciones de operación en la industria, siendo determinante la identificación de oportunidades de mejora energéticas que conlleven a un desempeño superior.

1.5.1. Gestión Total Eficiente de la Energía (GTEE)

Según Colectivo de Autores (2008), la Tecnología para la GTEE, desarrollada por el Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA), consiste en un paquete de procedimientos, herramientas y software especializado, que aplicados de forma continua, con la filosofía y principios de la gestión total de la calidad, permiten establecer en una empresa o unidad presupuestada nuevos hábitos de dirección, control, diagnóstico y uso de la energía, dirigidos al aprovechamiento de todas las oportunidades de ahorro y conservación de la energía, y a la reducción de los costos energéticos y la contaminación ambiental asociada.

Su aplicación ha tenido una amplia generalización en entidades de producción y servicios. En Cuba alcanza un total de 132 empresas, su implementación se realizó además en una fábrica de cerveza y dos ingenios de México, en 19 empresas en Colombia, y se trabaja actualmente para su aplicación con carácter piloto demostrativo en dos empresas en Ecuador.

La TGTEE tiene como objetivo central crear en las empresas y unidades presupuestadas las capacidades técnico-organizativas propias para administrar eficientemente la energía, posibilitando el mejoramiento continuo de la eficiencia, la reducción de los costos

energéticos y del impacto ambiental asociado al uso de la energía (A. E. Borroto Nordelo & Monteagudo Yanes, 2006).

Su generalización aporta como beneficio social la capacitación y formación de recursos humanos, con un efecto multiplicador que garantiza la continuidad y sostenibilidad de los resultados alcanzados. Los beneficios que esta tecnología aporta a la empresa son:

- El establecimiento de un sistema efectivo de manejo eficiente de la energía con un servicio de seguimiento y control del funcionamiento adecuado del sistema posterior a la puesta en funcionamiento, para garantizar su consolidación y resultados.
- La determinación de la estructura de consumo y de pérdidas por portadores energéticos y áreas.
- La determinación de los energéticos, áreas, equipos y personal clave en la eficiencia energética.
- La caracterización del comportamiento energético de la empresa y sus principales tendencias en los últimos años.
- La determinación y justificación de los índices de consumo, de eficiencia y de economía energética de la empresa.
- La normación de estos índices al nivel de empresa, áreas y equipos claves, mayores consumidores.
- El establecimiento y/o actualización del sistema de información energética de la empresa.
- La identificación y formulación de soluciones energéticas, justificadas técnica y económicamente.
- El plan de prioridades de ejecución de las soluciones energéticas en función el escenario económico financiero que establezca la gerencia de la empresa.
- La organización y capacitación de los recursos humanos vinculados al consumo de la energía para el control y evaluación de la eficiencia en las áreas claves.
- El establecimiento de un programa efectivo de capacitación, concientización y motivación del personal hacia la eficiencia energética.
- La capacitación del Consejo de Dirección y los especialistas de la empresa para la permanencia, desarrollo y perfeccionamiento de la Tecnología.

- El vínculo permanente con un centro consultor en tecnologías de uso eficiente de la energía.

(Pérez González, 2016) explica que algunos de los resultados más relevantes de la aplicación de esta metodología son:

- Crea capacidades permanentes en la empresa.
- Concentra acciones sobre energético, áreas, sistemas y equipos claves.
- Pone énfasis en la capacitación, concientización y motivación del personal que decide en la eficiencia energética.
- Combina acciones de capacitación y de consultoría.
- Integra principios y procedimientos de diferentes disciplinas y fuentes de información.
- Combina las acciones internas de la empresa con la asesoría externa.
- Establece un sistema de monitoreo y control energético efectivo.
- Establece modelos que posibilitan la planificación y el control energético.

Para las industrias productoras de materiales de producción, constituye una herramienta robusta para gestionar la energía, puesto que este tipo de industria se caracteriza por altos consumos de portadores energéticos, además de la integralidad de sus procesos y el nivel de relación de los mismos, sin embargo, su aplicación resulta a veces difícil teniendo en cuenta la inflexibilidad ante las modificaciones tecnológicas. Significa, en opinión de este autor, que está diseñada para empresas sumamente eficientes y con un nivel tecnológico medio. No obstante, Cardoso Núñez (2012) plantea que esta representa una alternativa efectiva para elevar las capacidades técnico-organizativas de la empresa y con ello, el desarrollo de un proceso de mejora continua, en un contexto marcado por las rigurosas exigencias del mercado actual en materia de energía.

1.6. Herramientas para la gestión e identificación de oportunidades de mejora energéticas en la producción y los servicios.

A través de un sistema de gestión de la energía como herramienta administrativa, es posible plantear e implementar de forma ordenada las oportunidades de mejoramiento en una empresa. En palabras de (Simeoni et al., 2019), son acciones y procedimientos planificados y organizados por medio de los cuales se busca conseguir unos resultados específicos.

La implantación de un Sistema de Gestión Energético reporta varios beneficios. Supone una mejora de la imagen para la empresa, ya que implica la comunicación del compromiso con la gestión de la energía y de los beneficios de su actuación. Permite conocer la cantidad de energía consumida por la organización, lo que conlleva la optimización de su uso, el incremento del aprovechamiento de las energías renovables, la reducción de los impactos ambientales y la reducción de las emisiones de CO₂.

La consecución de tales propósitos requiere de la aplicación de métodos de naturaleza variada. Las herramientas de mayor utilidad en el radio de acción de las organizaciones se conciben dentro del nivel matemático, con fuerte base en la estadística tanto descriptiva como inferencial, algunas de las más relevante se describen a continuación:

- Diagrama energético productivo: Relacionan las actividades productivas de la organización con los procesos, los consumos y flujos de energía que ocurren dentro de ellos. No existe una manera única de realizar un diagrama energético-productivo y su efectividad depende de la claridad con que logren expresar los usos de la energía de la organización. (SGIE, 2014)
- Diagrama de Pareto: Muestran los consumos energéticos de las áreas de la empresa en un diagrama de barras, empezando por las áreas con mayor consumo y mostrando en el mismo gráfico una línea con la frecuencia relativa acumulada. Los gráficos de Pareto permiten identificar que, generalmente, unas pocas áreas de la empresa concentran la mayoría de los consumos. (SGIE, 2014)
- Estratificación: La estratificación es el método de agrupar datos asociados por puntos o características comunes pasando de lo general a lo particular. (Juvier Díaz, 2016)

- Diagrama de Sankey: Muestran a través de flechas la manera en que se va desagregando el consumo de la energía en la empresa o en operaciones específicas dentro de ella. El ancho de la parte inicial de las flechas representa la energía de entrada y los cuellos de las flechas de salida son proporcionales a los usos finales de energía, obedeciendo a la ley de conservación de la energía. (SGIE, 2014)
- Gráficos de control: Los gráficos de control son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos. Se usan como instrumento de autocontrol y resultan muy útiles como complemento a los diagramas causa y efecto, para detectar en cuales fases del proceso analizado se producen las alteraciones. (Juvier Díaz, 2016)
- Gráfico de consumo y producción en el tiempo: gráfico que muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo. Muestran períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo energético con respecto a la variación de la producción y permiten identificar causas o factores que producen variaciones significativas de los consumos. (Juvier Díaz, 2016)
- Diagrama índice de consumo – producción: Este diagrama se realiza después de haber obtenido el gráfico energía contra producción y la ecuación, $E = mP + E_0$ con un nivel de correlación significativo. El gráfico es una hipérbola equilátera, con asíntota en el eje x, al valor de la pendiente m de la expresión $E = f(p)$. (Juvier Díaz, 2016)
- Gráfico de tendencia o de sumas acumulativas: Este gráfico se utiliza para monitorear la tendencia de la empresa en cuanto a la variación de sus consumos energéticos, con respecto a un período base de comparación dado. Como utilidad de esta herramienta da a conocer la tendencia real de la empresa en cuanto a variación de los consumos energéticos. (Juvier Díaz, 2016)

De acuerdo con (Gómez Dorta, 2001), además de la aplicación de métodos y herramientas, para enfrentar procesos de identificación de oportunidades de mejora, deben evaluarse también la presencia de factores que influyen desfavorablemente en los países en desarrollo vinculados, dígase tecnologías obsoletas, infraestructuras

inadecuadas y conocimientos insuficientes. Esta realidad complejiza el mejoramiento, que si bien sólo pueden ser resueltos mediante planes nacionales, las alternativas no siempre se formulan adecuadamente respecto a la Capacitación, Adiestramiento, Promoción, Asistencia Técnica e Infraestructura Institucional (Pons Murguía, 1994).

La instrumentación de esta filosofía empresarial, permitirá integrar tendencias y conceptos vitales para la competitividad de las organizaciones, que implica también cambios de la cultura organizacional, alineación de la estrategia del negocio y la medición sistemática de sus principales actividades para mejorar el desempeño energético operacional que demanda el contexto global actual.

1.7. Conclusiones parciales

1. La mejora del desempeño energético en procesos industriales, al analizarlo desde la perspectiva de los enfoques de calidad, facilitan la proyección del enfoque de procesos, con impacto en la estrategia empresarial, donde resulta esencial la selección y elaboración de herramientas apropiadas al propósito que se persiga.
2. La gestión energética se plantea como una alternativa para reducir los consumos y costos energéticos mediante la creación en las empresas de las capacidades técnico organizativas para administrar eficientemente la energía, de forma tal que esta sea capaz de desarrollar un proceso de mejora continua de la eficiencia energética.
3. Los esfuerzos y oportunidades de mejoras energéticas en la industria cubana de materiales de la construcción, a través del Perfeccionamiento Empresarial, las normas NC ISO-50 001 y los Lineamientos de la política económica y social, requieren instrumentos metodológicos para su ejecución además del uso de herramientas claves de gestión.

Capítulo 2. Procedimiento para la evaluación de oportunidades de mejora energética en el proceso de elaboración de ladrillos de PROMAC SS.

2.1 Introducción

El presente capítulo describe la fundamentación teórica del procedimiento propuesto (Figura 2.1) para la evaluación de oportunidades de mejora energética en el proceso objeto de estudio. Su concepción está sustentada en lo establecido en la NC-ISO 50 001: 2019 Sistemas de Gestión de la Energía, así como los requisitos con orientación para su uso en el contexto empresarial cubano actual.

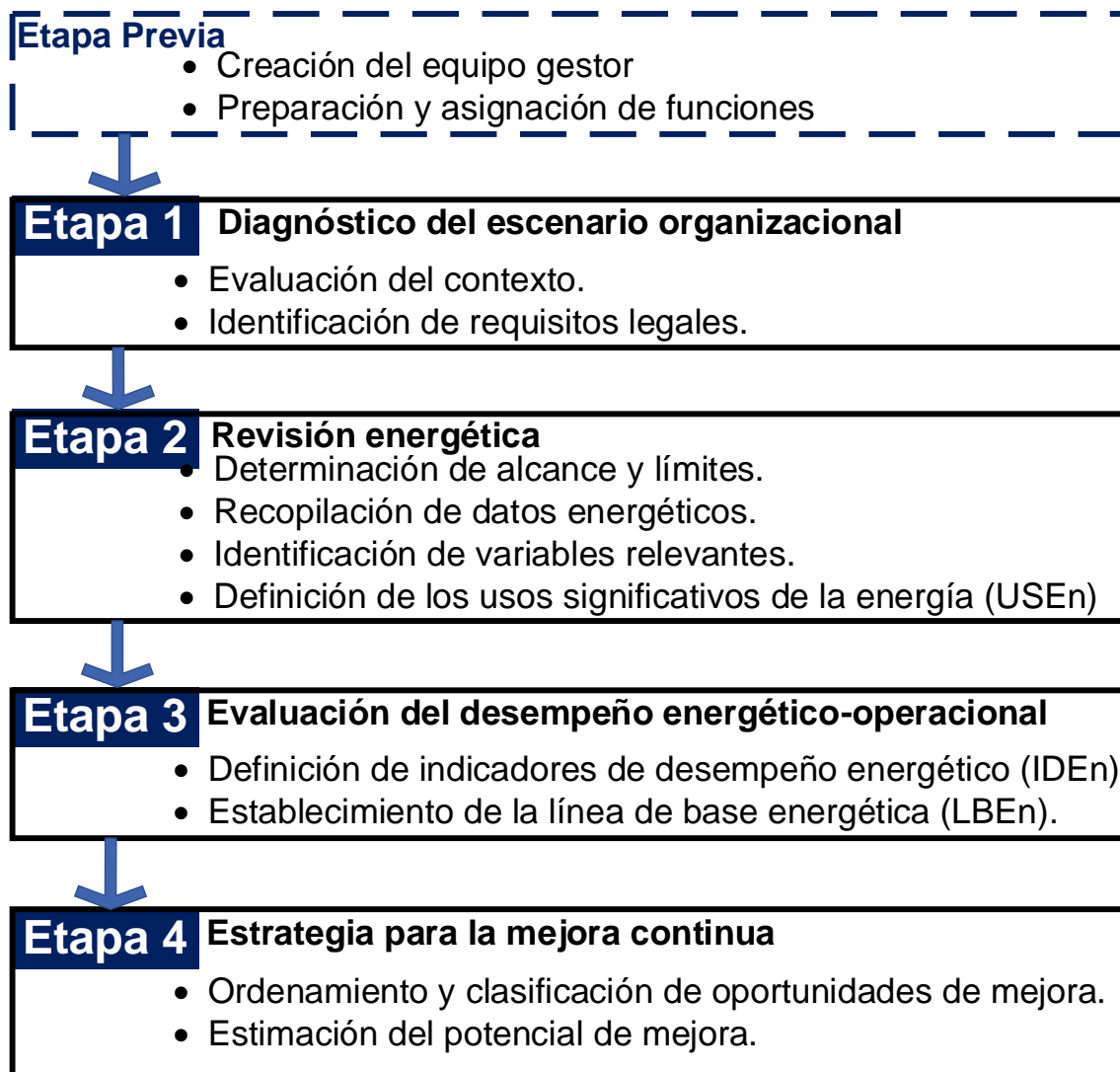


Figura 2. 1 Procedimiento para la evaluación de oportunidades de mejora energética del proceso de elaboración de ladrillos. Fuente: (Elaboración propia del autor)

La inclusión del enfoque de procesos, mediante el análisis por etapas, garantiza el establecimiento de los sistemas necesarios para mejorar el desempeño energético-operacional, incluyendo la eficiencia energética y la estimación de los potenciales de mejora.

2.2 Premisas para la fundamentación del enfoque de procesos.

La concepción del enfoque de procesos (Figura 2.2) para la aplicación del procedimiento se fundamenta en las premisas siguientes:

- Mejoramiento continuo: se establece a partir del análisis del proceso por etapas y la definición de metas para mantener las mejoras alcanzadas, actuar sobre insuficiencias y/o planificar mejoras incrementales.
- Adaptabilidad: El soporte teórico- metodológico permite ajustarse a las etapas del proceso industrial.
- Aprendizaje: se aplican técnicas de análisis estadístico y elementos del Paradigma Decisional Multicriterio (PDM) (ver Anexo 1) por lo que se requieren acciones de capacitación para profundizar en el conocimiento del proceso que involucren en el estudio a los actores implicados (directivos, especialistas y obreros).

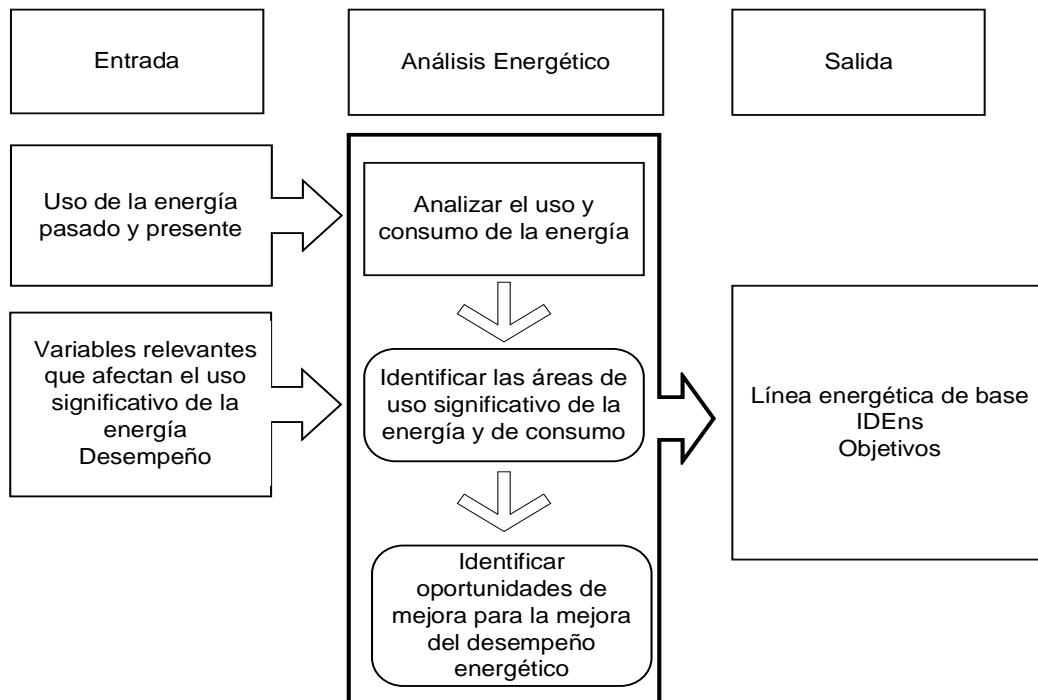


Figura 2. 2 Enfoque de procesos para el análisis de la gestión de la energía. Fuente: ISO 50001:2019

2.3 Procedimiento para la evaluación de oportunidades de mejora energética en el proceso de elaboración de ladrillos.

El procedimiento propuesto consta de cuatro etapas (incluida una etapa previa) a través de las cuales se analiza el uso y el consumo de la energía por actividades claves del proceso industrial. Para su aplicación, se toma en cuenta los requisitos establecidos para

la Gestión Total y Eficiente de la Energía (CEMA, 2006) que aseguran un enfoque de calidad total y mejora continua.

Las etapas propuestas se describen en el desarrollo del presente epígrafe.

2.3.1 Etapa 1: Diagnóstico del escenario organizacional.

El diagnóstico del escenario organizacional comienza con la evaluación del contexto, a través de definir qué factores (externos e internos), son relevantes en el uso de la energía y los portadores energéticos. Entre los factores más relevantes están los financieros, sociales, ambientales y legales.

La evaluación se realiza a través del análisis DAFO:

- se identifican las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que inciden en cumplimiento de la política energética;
- el nivel de relación entre los factores se mide a través del juicio emitido por los expertos;
- la mayor ponderación por cuadrantes determina la posición actual de la organización en relación a temas energéticos y con ello la estrategia apropiada para enfrentarse a las condiciones actuales del mercado.

Mediante la revisión del marco normativo, se identifican los requisitos legales relacionados con el uso y consumo de la energía y la eficiencia energética.

A futuro, deben considerarse la aplicación de listas de verificación para mantener una actualización constante de dichos requisitos. De esta forma se garantiza la eliminación de brechas regulatorias, además de que el cumplimiento de las obligaciones sea concebido desde el diseño operacional del proceso productivo.

2.3.2 Etapa 2: Revisión energética

La revisión energética garantiza a la organización controlar el estado actual del desempeño energético operacional. Para ello es necesario realizar las acciones siguientes:

- A. definir los alcances y límites objeto de análisis.
- B. recopilar datos energéticos para analizar el uso y el consumo de la energía:

- identificar las fuentes de energía actuales;
 - evaluar el uso y consumo pasados y presentes de la energía;
- C. identificar las áreas de uso significativo que afectan la energía:
- seleccionar las instalaciones, equipamiento, sistemas, procesos y personal que trabaja para, o en nombre de la organización;
 - definir otras variables pertinentes implicadas.

2.3.3 Etapa previa

La etapa previa consiste en la preparación del estudio, la conformación del grupo de expertos y el entrenamiento de sus miembros en relación a los antecedentes del tema objeto de análisis, los objetivos a evaluar, así como los instrumentos de medición utilizados.

El trabajo parte del compromiso de los participantes, para hacer confluir intereses dispares con el mínimo de tiempo de entrenamiento, se considera como elemento de suma importancia el nivel de decisión de los especialistas involucrados en el estudio sobre las etapas del proceso industrial.

Para la selección de los expertos, se tiene en cuenta los conocimientos específicos y la calificación técnica propuestos por (Hurtado de Mendoza Fernández, 2003); la cantidad necesaria es determinada según el modelo Binomial (Expresión 2.1):

$$n_e = \frac{p(1-p)}{i^2} \quad (2.1)$$

Donde,

n_e : cantidad de expertos necesarios

p : proporción estimada de errores de los expertos

i : nivel de precisión deseado con la estimación

k : constante asociada al nivel de confianza elegido ($1-\alpha$)

$(1-\alpha)$	α	$\alpha/2$	$Z \alpha/2$	k
0,90	0,10	0,05	1,64	2,6896
0,95	0,05	0,025	1,96	3,8416

0,99 0,01 0,005 2,58 6,6564

2.3.3.1 Alcances y límites objeto de análisis

La definición de los alcances y límites objeto de análisis, parte de aquellas actividades, sistemas energéticos, lugares físicos o procesos con influencia en el uso y consumo de la energía.

Para definir el alcance y los límites se recomienda:

- a. Establecer el nivel al que se desea gestionar la energía.
 - Corporativo
 - Oficinas
 - Sucursales
 - Edificación
 - Instalación/planta
 - Operación/actividad/proceso
- b. Seleccionar un enfoque.
 - De proceso
 - Por sistema energético
- c. Describir las actividades acordes al nivel y al enfoque seleccionado.

Una vez definidos estos elementos, la descripción de las actividades se realiza a través de las herramientas de análisis de procesos, tales como Diagrama de Flujos u Operaciones, Esquemas o Diagrama de Relaciones.

- d. Describir los elementos energéticos que conforman cada una de las actividades seleccionadas

Para la descripción de las actividades se hace énfasis en los elementos de entrada y los residuos por actividad o etapa del proceso, principalmente los datos relacionados con el consumo de agua y energía.

La decisión toma en cuenta la complejidad del sistema y las operaciones inherentes al mismo, además de los intereses declarados por la alta dirección en materia de energía.

2.3.3.2 Recopilación de datos energéticos para analizar el uso y el consumo de la energía.

Una efectiva evaluación del desempeño energético requiere de información fiable y clara sobre cómo, dónde y por qué se usa la energía; por ende, la recopilación y el seguimiento de estos datos resultan de vital importancia. Para ello se realizan las acciones siguientes:

- Se listan todas las fuentes de energía del proceso o sistema a analizar.
- Se contabilizan todas las fuentes (los energéticos comprados o generados en situ, con sus respectivas unidades de energía) y se realiza la matriz energética.
- Se determina el nivel de detalle adecuado, puede ser puntual (equipos/procesos) por mediciones directas o a través de facturas.
- Se definen las hojas de cálculo para la recopilación por medio de tablas, gráficos de tendencia entre otras herramientas para el análisis descriptivo de la información.

El nivel de profundidad con que se lleva a cabo la recopilación depende dese encuentra directamente relacionado con la capacidad tecnológica para medir o estimar los usos. El objetivo a lograr es establecer las tendencias y patrones por todas las fuentes de energía, para identificar cuáles de estos usos son significativos.

2.3.3.3 Identificación de variables relevantes

El consumo y el uso de la energía se afectan por varias variables, por lo tanto, es necesario determinar los efectos de dichas variables relevantes en el comportamiento energético del proceso. Dentro de las variables relevantes están:

- tamaño de la instalación;
- tipo de edificación
- horas de producción;
- niveles de producción;
- diversificación de la producción.

Con la estimación de tales efectos, es posible proyectar el comportamiento a futuro y las implicaciones que trae consigo la variación de alguna de estas variables, favoreciendo así el proceso de toma de decisiones en la organización.

2.3.3.4 Establecer usos significativos que afectan la energía.

El análisis de los datos contribuye a comprender las tendencias y comportamientos del consumo de energía. Este análisis, a su vez, permite identificar los usos significativos (USEn), que no es más que aquellos procesos o equipos que presentan un consumo sustancial de energía y que representan un potencial de oportunidad de mejora.

Para el análisis se utilizan herramientas como listados de equipos, encuestas de tecnologías de uso final, la estratificación y el diagrama de Pareto para definir los consumos prioritarios.

Para el análisis de la estructura de consumo de una entidad la herramienta más apropiada es el Diagrama de Pareto, técnica que separa los “pocos vitales” de los “muchos triviales”. Se utiliza para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema desde los triviales de manera que un equipo sepa dónde dirigir sus esfuerzos para mejorar.

Para aplicar el Diagrama de Pareto se realizan los pasos siguientes:

1. Se seleccionan las operaciones o equipos para el análisis a nivel de planta o proceso.
2. Se listan las fuentes de consumo o portadores energéticos utilizados.
3. Se ordenan de mayor a menor por consumos.
4. Se calcula la frecuencia absoluta y la frecuencia relativa acumuladas.
5. Se representan gráficamente las sumas acumulativas con los por cientos correspondientes.

En la gráfica de barras, se ilustran las causas de los problemas por orden de importancia y frecuencia (porcentaje) de aparición, costo o actuación partiendo del hecho de que “un 20% de las fuentes causan el 80% de cualquier problema”.

2.3.4 Etapa 3: Evaluación del desempeño energético-operacional

2.3.4.1 Definición de indicadores de desempeño energético (IDEns)

Los indicadores de desempeño energético (IDEns) se expresan a través de una relación entre unidades de energía y unidades de producción, superficie o servicio, sin embargo, pueden ser también:

- Un consumo de energía total o por tipo de uso

- Un modelo estadístico
- Una relación cuantitativa del consumo de energía en función de costos, salidas del proceso entre otros que se evalúen por la alta dirección.

La organización debe identificar los IDEns apropiados para realizar el seguimiento y la medición del desempeño energético de sus procesos. Generalmente se utilizan las relaciones cuantitativas del consumo de energía debido a que son datos de fácil manejo en la organización por el personal que gestiona el uso y consumo de los portadores energéticos.

2.3.4.2 Establecimiento de la línea base energética (LBEn)

Con el establecimiento de la línea de base energética (LBEn) se define una referencia para medir la evolución del desempeño energético en el futuro, monitorear los IDEns y establecer las metas. La línea se construye a través de una relación matemática del consumo de la energía en función de las variables relevantes.

Los Diagramas de dispersión y correlación son gráficos que muestra la relación entre dos parámetros. Su objetivo es mostrar en un gráfico (x, y) si existe correlación entre dos variables, y en caso de que exista, qué carácter tiene esta. Muestra con claridad si los componentes de un indicador de control están correlacionados entre sí y por tanto si el indicador es válido o no. (Juvier Díaz, 2016).

Dentro de los tipos de diagramas más utilizados está:

- Diagramas de consumo – producción: Este gráfico de energía contra producción puede realizarse por tipo de portador energético, y por áreas, considerando en cada caso la producción asociada al portador en cuestión (Juvier Díaz, 2016).
- Diagrama energía – producción: Partiendo de un gráfico de dispersión entre energía y producción, se identifica la relación existente entre la producción de la empresa y la energía requerida para obtener cada producto. Entre otros aspectos, el gráfico permite identificar potenciales de mejora por energía no asociada a la producción (SGIE, 2014).

Para realizar el análisis a través de la regresión se realizan los pasos siguientes:

- seleccionar la variable relevante a evaluar;

- seleccionar las unidades que expresen el rango de valores de la variable relevante seleccionada;
- determinar una escala para el eje x y otra para el eje y, de tal manera que ambos ejes tengan aproximadamente la misma longitud y ubicar los pares (x, y) de las variables;
- determine el factor de correlación o coeficiente de correlación, lo cual se puede realizar mediante un software de procesamiento estadístico.

Aunque la fortaleza del modelo es relativa, se considera que el factor de correlación R^2 debe ser mayor que 0.70, lo que significa que la variable independiente es capaz de explicar el 70% de la variabilidad de la variable dependiente, por tanto, estima el consumo con una significación estadística aceptable.

Deben realizarse ajustes en la línea de base cuando se den una o más de las siguientes situaciones:

- los IDEns ya no reflejan el uso y el consumo de energía de la organización;
- se hayan realizado cambios importantes en los procesos, patrones de operación, o sistemas de energía;
- así lo establece un método predeterminado.

2.3.5 Etapa 4: Definición de la estrategia para la mejora continua.

Dentro del proceso de mejora, la definición de la estrategia para la mejora continua parte de establecer los puntos de referencia, con el firme propósito de asimilar e implementar las mejores prácticas de manera sistemática y continua.

A partir de una evaluación comparativa, se determinan los potenciales de mejora en la organización. Los pasos clave incluyen:

- el nivel de evaluación comparativa (por ejemplo, los equipos, las líneas de proceso, instalaciones de la organización).
- Controlar el desempeño de los indicadores a través del rendimiento en el tiempo.

Los puntos de control establecidos serán comparados con un desempeño pasado, es decir, una comparación actual contra un desempeño histórico establecido en una línea de base energética. Las potencialidades quedarán registradas a partir del ahorro en el

consumo, o el impacto que representen las acciones correctivas desarrolladas en la relación de energía-producción de la planta.

- Identificación de oportunidades:

Para el ordenamiento y clasificación de las oportunidades de mejora identificadas se aplica la ponderación según el criterio de expertos. La clasificación estará dada por la naturaleza de las medidas a tomar; pueden ser de carácter organizativo o tecnológico. Las acciones con mayor puntuación representan las más prioritarias.

2.4 Conclusiones parciales

1. Las exigencias impuestas a la industria de materiales de la construcción respecto al consumo de portadores energéticos, requiere desarrollar una actividad gerencial que sistemáticamente detecte alternativas de mejora, basadas en un enfoque de proceso que contribuyan a la eficiencia energética y a la calidad del producto terminado.
2. La propuesta de procedimiento para identificar oportunidades de mejora energética en el proceso de producción de ladrillos está concebida a partir de los requisitos establecidos en la NC ISO 50001:2019, se fundamenta en el modelo de mejoramiento de la calidad para abordar con un enfoque de proceso la gestión empresarial que asegura la eficiencia energética y calidad del producto terminado.
3. Ante la limitante de sustituir la tecnología obsoleta e ineficiente solo es posible elevar la eficiencia energética y garantizar la mejora continua de la calidad en la producción de ladrillos con el empleo de buenas prácticas de gestión de la energía, a partir de la integración y comprometimiento de todos los miembros de la organización.

Capítulo 3. Evaluación de oportunidades de mejora energética del proceso de fabricación de ladrillos en la Empresa PROMAC SS.

3.1. Introducción

El presente capítulo muestra la aplicación del procedimiento propuesto, concebido a partir de los requisitos establecidos en la NC ISO 50 001 y por medio de la adopción de un enfoque de procesos para la mejora continua. Los resultados hacen viable la actividad gerencial relativa a la eficiencia energética y calidad del producto terminado, de forma tal que la organización logre un desempeño operacional más efectivo para cumplir con las exigencias actuales del mercado en materia de energía.

3.1.1. Caracterización de la Empresa Productora de Materiales de Construcción de Sancti Spíritus (PROMAC SS)

La Empresa Productora de Materiales de Construcción de Sancti Spíritus (PROMAC SS) se subordina al Consejo de la Administración Provincial Su objeto social definido por la resolución 2604/2005 del MEP ofrece respuesta a la demanda de sus clientes en el territorio, el mismo se fundamenta en:

- Producir y Comercializar de forma mayorista producciones de cerámica, carpintería de aluminio, carpintería en blanco, producciones mecánicas, producciones de hormigón y mosaicos, cal masillas pinturas y otras producciones dentro de la industria de Materiales de la Construcción en pesos MN.
- Comercializar de forma mayorista barro y sus mezclas procesadas, según nomenclatura aprobada por el Ministerio de Comercio Interior.
- Producir y comercializar de forma minorista productos y artículos de cerámica, de hormigón, pintura, cal y masilla en pesos cubanos.
- Ofrecer servicios de alquiler de equipos de la construcción Complementarios y especializados de transporte en pesos cubanos.
- Brindar servicios de talleres mecánicos, poncheras, lavados y engrase en pesos cubanos.
- Prestar servicios de alquiler de almacenes en pesos cubanos.
- Brindar servicios de construcción y montaje en pesos cubanos.

Su estructura organizativa está compuesta por 8 departamentos funcionales, 4 unidades de base y 52 brigadas de producción (ver Anexo 2) donde se fabrica una amplia nomenclatura de productos en la que se destacan la cerámica roja (Tabla 3.1).

Tabla 3. 1. Cartera de productos de PROMAC SS.

Producciones de cerámica roja

Bloques 40x20x10	Rasilla
Celosías	Tejas plana
Conexiones 4"	Tabletas
Conexiones 6"	Tercio
Ladrillos huecos y macizos	Tubos 4 "
Losas 20x20	Tubos 6 "
Mosaico	Viguetas

Fuente: Datos de la empresa.

Como parte de su estrategia de desarrollo para el cumplimiento de la Agenda 2030, su desempeño se orienta a la necesaria evolución que progresivamente debe llevar a la entidad hacia niveles superiores de organización, control y eficiencia en la gestión a través de los objetivos siguientes:

1. Certificar el Sistema de Contabilidad y el Control Interno.
2. Avanzar en la implementación del Sistema de Gestión de la Calidad.
3. Establecer el Sistemas de Gestión Ambiental.
4. Avanzar en la implantación del proceso de Perfeccionamiento Empresarial.
5. Revisar periódicamente los sistemas de pago que se aplican, evaluar su costo-beneficio y realizar las modificaciones que sean necesarias en estrecha coordinación con las organizaciones sindicales.
6. Cumplir el plan de producción establecido en físico y en valores ascendente 5.5 MMP.
7. Garantizar que la ciencia, la técnica y la innovación, sean los instrumentos principales para convertir la empresa en un ejemplo de eficiencia y competitividad.

La **misión** definida por la organización consiste en producir y comercializar materiales para la construcción con destino a satisfacer las necesidades de empresas constructoras

y la población en el territorio nacional, con la calidad requerida, manteniendo motivada la fuerza productiva, el uso óptimo de la tecnología y bajos costos.

Por su parte, la **visión** está encaminada a ser una organización capaz de estar dentro de la Empresas en Perfeccionamiento Empresarial, satisfacer al 100% las exigencias y necesidades del cliente, logrando un nivel de competitividad reconocido en el país por la calidad de sus producciones y el desarrollo de nuevos productos acorde a los requisitos actuales de sostenibilidad.

En este escenario, la creación de las capacidades técnico-organizativas propias para administrar eficientemente la energía y garantizar el mejoramiento continuo de la eficiencia constituye un paradigma que posibilitará a la empresa la adaptación y flexibilidad necesarias para enfrentar los nuevos desafíos del mercado.

3.2. Aplicación del procedimiento propuesto para la evaluación de oportunidades de mejora energética del proceso de fabricación de ladrillos.

3.2.1. Resultados de la ETAPA PREVIA

La etapa previa se inicia con la conformación del grupo de trabajo. Se realiza el cálculo del número de expertos como se muestra, en la Expresión 2.1. Se asumió un nivel de confianza del 99%, lo que implica un valor para la constante asociada de $k = 6.6564$. El nivel de precisión deseado es de $i = 0,1$ y una proporción estimada de errores $p = 0,01$.

$$n = \frac{0.01 * (1 - 0.01) * 6.6564}{0.10^2} = 6.5898 \approx 7 \text{ Expertos.}$$

El equipo está conformado por 7 expertos, para la selección de los miembros se utilizó el procedimiento propuesto por (Hurtado de Mendoza Fernández, 2003) (Ver Anexo del 3 al 8) se incluyeron especialistas de calidad, técnicos de los centros productores, tecnólogos de producción y directivos de diversas áreas de la empresa. Los miembros seleccionados aparecen en la Tabla 3.2.

Tabla 3. 2 Listado de trabajadores que conforman el equipo de trabajo.

No.	Cargo	Área/centro	Experiencia
1	Técnico en Gestión de Calidad.	Técnica	24 años
2	Especialista principal de producción	Producción	5 años
3	Técnico en Gestión de los Recursos	Capital humano	22 años

Humanos			
4	Director general	Dirección	33 años
5	Técnico A Explotación de transporte	Equipo	23 años
6	Técnico en uso de la energía	Equipos	27 años
7	Director técnico y desarrollo	Técnica	14 años

Fuente: Datos de la empresa.

El entrenamiento del equipo se realizó a través de sesiones de trabajo, donde se trataron aspectos relacionados con:

- NC ISO 50 001 y su implementación en las organizaciones.
- Sistemas de Gestión de la Energía.
- Tecnología para la gestión eficiente de la energía.
- Indicadores para medir el desempeño energético.
- Herramientas para la gestión por procesos.

3.2.2. ETAPA 1: Diagnóstico del escenario organizacional.

3.2.2.1. Evaluación del contexto a través del análisis DAFO

Para la evaluación del contexto se utiliza la Matriz DAFO, por medio del análisis de los factores externos e internos relativos a la energía. Se utiliza la técnica de trabajo en grupo Tormenta de Ideas para obtener en opinión del equipo gestor, las valoraciones deseadas. Como resultado se obtuvo la identificación de las oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades con una implicación directa en materia de energía:

ANÁLISIS EXTERNO

Oportunidades:

- Estabilidad en la asignación de materias primas e insumos provenientes del balance nacional del Ministerio de la Construcción.
- Mercado seguro debido a su nivel de participación en la provincia en el Programa de la Vivienda a través del Programa Nacional de Venta de Materiales de la Construcción.
- Apertura de relaciones de negocio con nuevos actores económicos para la adopción de nuevas prácticas de la industria ladrillera.

4. Contexto apropiado en el país para la implementación de normas que favorecen una gestión eficiente de la energía y la utilización de energías renovables.

Amenazas:

1. Efectos negativos en la política financiera y económica del embargo comercial de los Estados Unidos de América hacia Cuba.
2. Aumento e inestabilidad de los precios de portadores energéticos a nivel global.
3. Crisis en la situación energética en el país en cuanto al abastecimiento de portadores energéticos.
4. Acceso limitado al mercado de máquinas y herramientas con alto estándar de eficiencia energética.

ANÁLISIS INTERNO

Fortalezas:

1. Amplia estructura técnico organizativa que garantiza la diversificación de la y planificación adecuada de la producción en los centros.
2. Implantación de Sistema de Gestión como el NC ISO 9000: 2015 y el Perfeccionamiento Empresarial lo que asegura la correcta identificación y documentación de sus principales procesos.
3. Recursos humanos con alto nivel de calificación y experiencia en las prácticas de la industria ladrillera.
4. Parque de equipos especializados de la construcción propio de la entidad lo cual permite un mayor control del uso de combustibles.
5. Cercanía de los yacimientos de arcilla de los centros productores lo cual minimiza el gasto de combustible en la transportación.

Debilidades:

1. No está definida la política energética de la empresa.
2. La gestión de la energía se realiza de manera aislada, con ausencia de un enfoque sistémico por procesos.
3. Alta variabilidad de los índices de consumo por centros productores.
4. Obsolescencia tecnológica de las máquinas y herramientas en las instalaciones productivas.

5. Ausencia de equipos de medición para el control del uso y consumo de la energía. El análisis matricial (Ver Anexo 9) refleja que la empresa se posiciona en el cuadrante defensivo. Significa que ante las amenazas del entorno que impiden mejorar su gestión energética, debe trazar una estrategia para combatir las debilidades detectadas. Se propone como medida la elaboración de un plan de acción para reducir o eliminar estas deficiencias.

3.2.2.2. Identificación de requisitos legales

Para la obtención de los requisitos generales se realizaron entrevistas al personal de áreas implicadas, se analizaron documentos rectores en materia de energía, así como regulaciones, resoluciones ministeriales e indicaciones y directivas a nivel de empresa. Como resultado se tiene:

- a. Identificación de las personas relacionadas con los usos significativos de la energía;
- b. se determinó como muy importante o importante el insuficiente marco legal y regulatorio en el país para la regulación energética;
- c. a pesar de existir los mecanismos legales, no se integra el análisis de la eficiencia energética a los nuevos proyectos y compras.

3.2.3. ETAPA 2: Revisión energética

La etapa de revisión tiene lugar a partir de la caracterización energética de la organización y de su actividad fundamental: producción de cerámica.

Resulta importante destacar la relevancia del proceso de fabricación de ladrillos en el desempeño operacional de la empresa, y el impacto de este proceso en el consumo de portadores energético (Figura 3.1 y Figura 3.2).

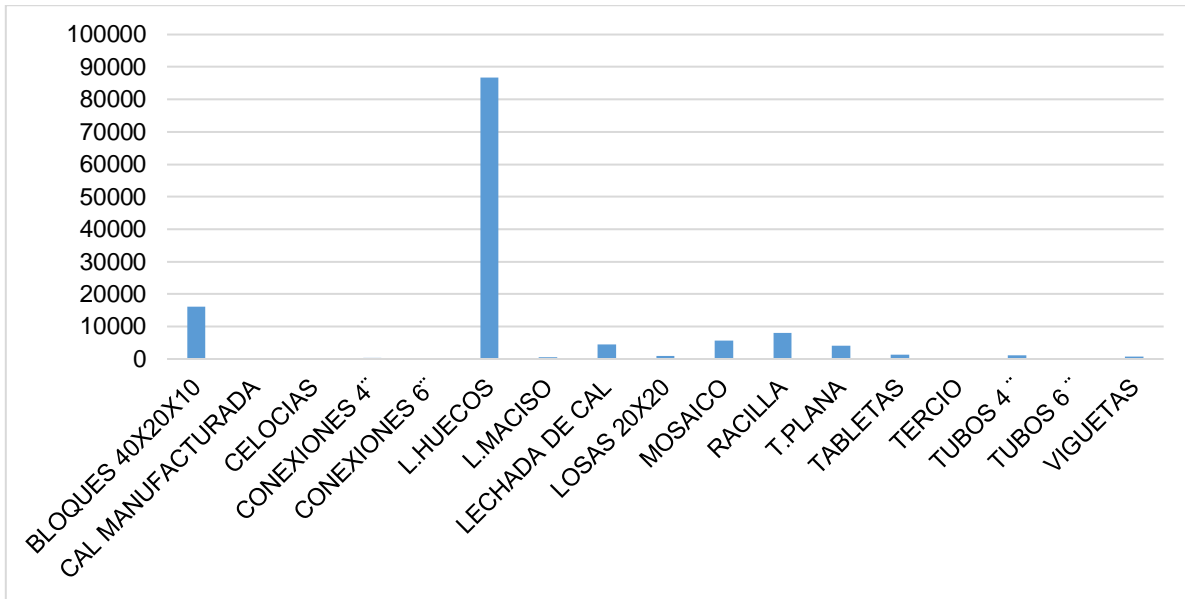


Figura 3. 1 Consumo de electricidad en el proceso de producción del ladrillo. Fuente elaboración propia del autor a través de datos de la empresa.

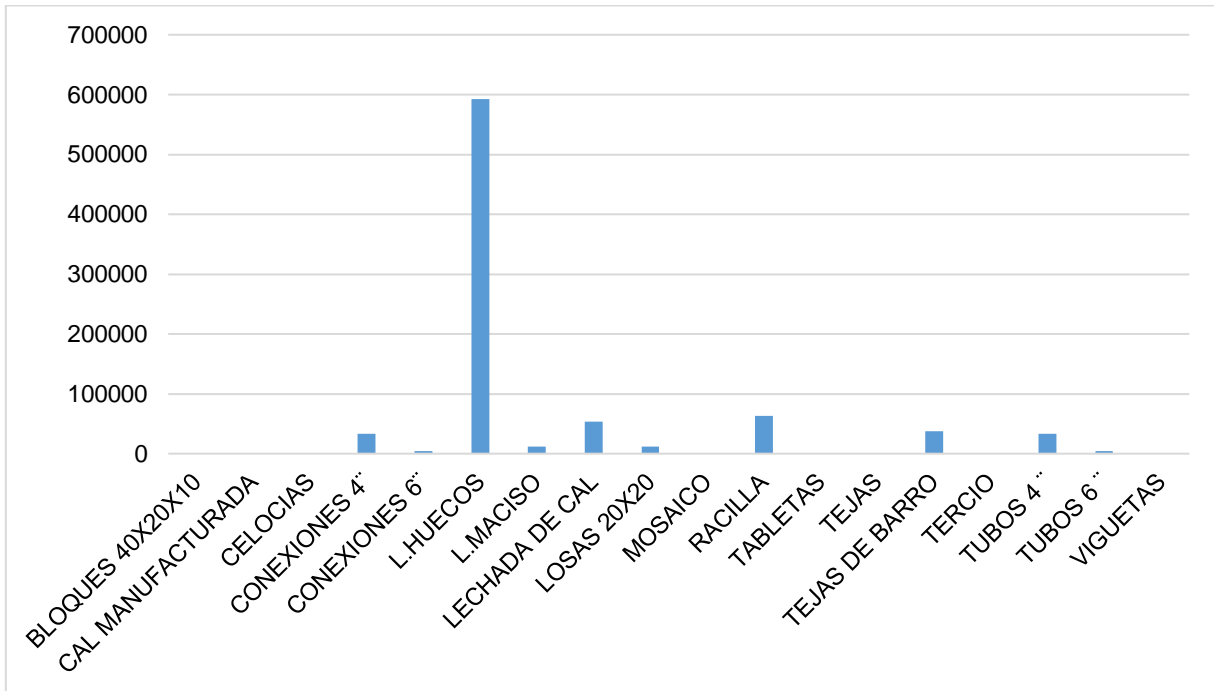


Figura 3. 2 Consumo de Fuel Oil en el proceso de producción del ladrillo. Fuente elaboración propia del autor a través de datos de la empresa.

Estos aspectos evidencian la necesidad de perfeccionar su gestión energética, y con ello, lograr índices de calidad superiores.

Intervienen como portadores energéticos la electricidad, fuel oil, leña y diésel distribuidos de acuerdo a la estructura que presenta la Figura 3.3:

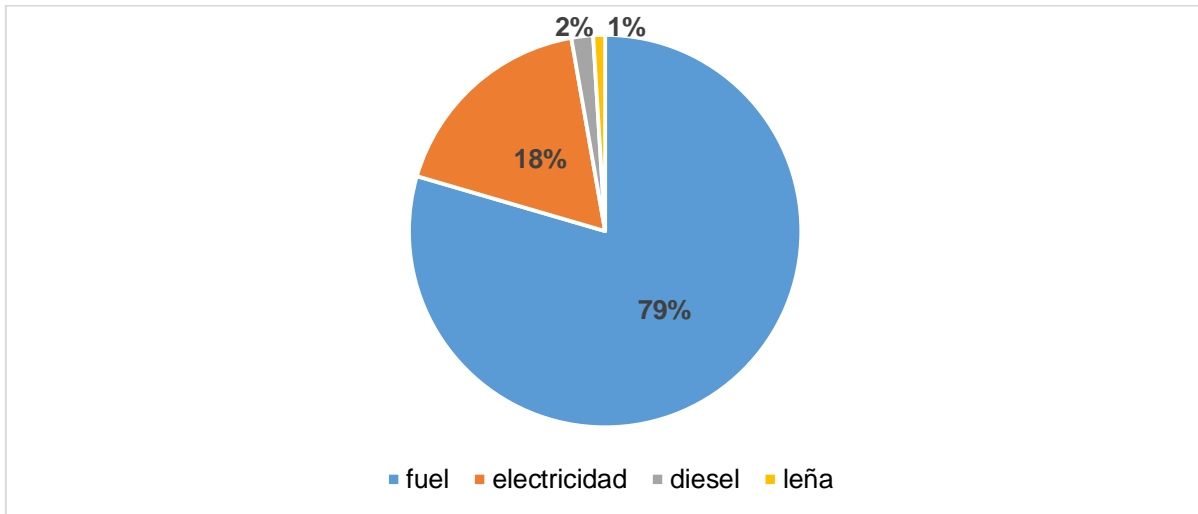


Figura 3. 3 Distribución del consumo de energía por portadores energéticos. Fuente: Elaboración del autor a partir de datos de la empresa.

Como se observa, el consumo de fuel oil con un 79% y electricidad 18% representan los portadores de mayor uso.

Tal como se aprecia en la Figura 3.4, esta situación repercute de manera significativa en los gastos generales de la empresa.

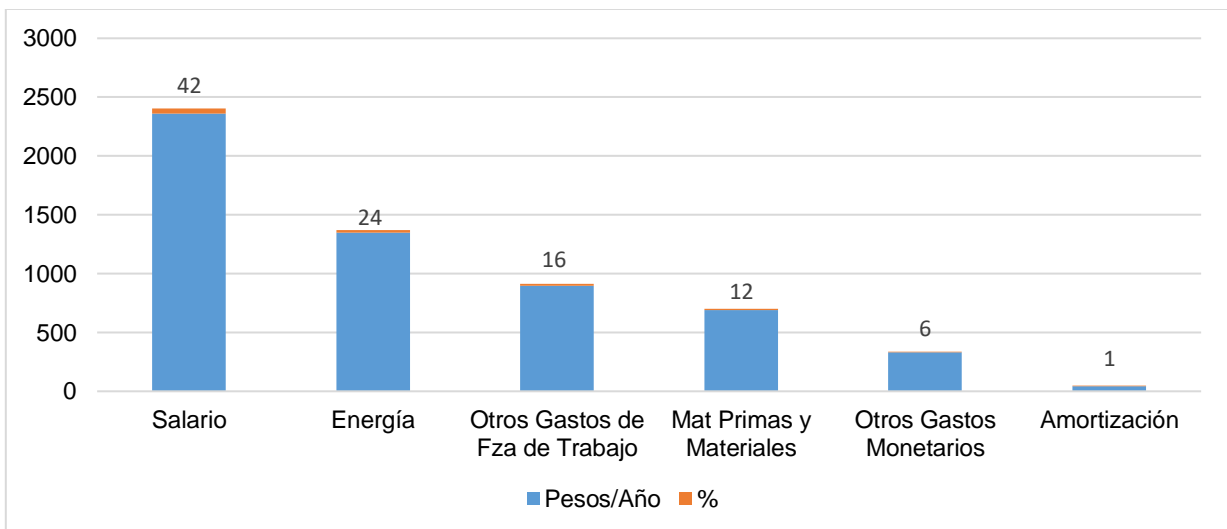


Figura 3. 4 Estructura de gastos de la empresa en el año 2021. Fuente: Elaboración del autor a partir de datos de la empresa.

Trabajar en su reducción constituye una estrategia importante para lograr la competitividad de la empresa, puesto que:

1. Los costos energéticos pueden continuar incrementándose, si se tienen en cuenta los precios del petróleo en el mercado internacional.
2. Es una de las pocas partidas que está en manos de la empresa la posibilidad de su reducción.

3.2.3.1. Alcances y límites objeto de análisis

La definición del alcance se realiza según las características de la organización. El comportamiento de la producción por centros muestra que como mayor productor de ladrillo está la Brigada No.10 “1 de Mayo” en el municipio Trinidad como se muestra en la Figura 3.5, por lo que el estudio estará definido a nivel de esta planta.

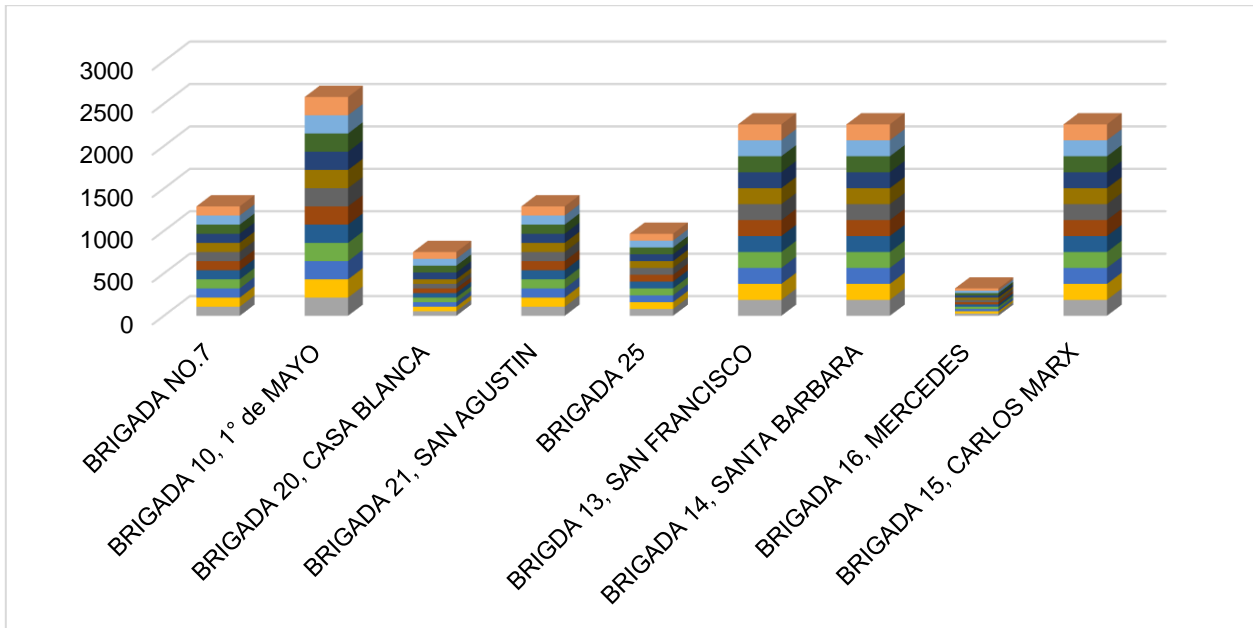


Figura 3. 5 Comportamiento de la producción de ladrillo en MP por centro del 2021. Fuente: Elaboración propia del autor a partir de datos de la empresa.

A partir de esta decisión, se tienen en cuenta además los factores que aparecen en la Tabla 3.3.

Tabla 3. 3 Definición de factores para delimitar el alcance del estudio en PROMAC S.S.

Nivel	Enfoque	Proceso	Actividad
--------------	----------------	----------------	------------------

Planta/instalación Por proceso Proceso de elaboración de ladrillos Quema o cocción
Fuente: Elaboración propia del autor.

La descripción de los elementos energéticos que conforman las actividades del proceso se realiza a través del diagrama energético-productivo (Ver Anexo 10).

En el proceso, la etapa de cocción (Anexo 11) se caracteriza por:

- **Precalentamiento:** Los ladrillos entran al horno con diferentes por cientos de humedad, La leña combustible también presenta irregularidades en el secado lo que provoca gastos adicionales de tiempo y de energía para lograr llevar la masa total del horno a la temperatura óptima.
- **Cocción:** Existe gran disipación del calor por la parte superior que está abierta a la atmósfera mediante la expulsión de gases cálidos producto al diseño del techo de los hornos, existiendo una gran diferencia con la parte inferior donde es necesario aumentar las temperaturas a más de 900 °C provocando en muchas ocasiones la fusión del material colocado en este lugar.

3.2.3.2. Recopilación de datos energéticos para analizar el uso y el consumo de la energía.

Para la recopilación de datos se utilizaron hojas de cálculo, la información se obtuvo a partir de la caracterización del proceso y las informaciones mensuales para el control del uso de la energía en el Departamento de Producción de la empresa. (Ver Anexo 12 al 16).

3.2.3.3. Identificación de variables relevantes

El proceso de fabricación de ladrillos se caracteriza por tiempo de ciclo tecnológico muy extenso, con un tiempo total de duración de 26 días aproximadamente, por lo que, partiendo de que el tiempo representa una particularidad para este proceso, se definen las variables relevantes que inciden en el consumo de la energía:

- Condiciones de operación y condiciones técnicas de la instalación.

La época del año y las condiciones de humedad relativa influyen en gran medida en la etapa de secado, por lo que deben establecerse puntos de control de humedad para garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas para las etapas posteriores de pre calentamiento y quema, donde se consumen casi la totalidad de los portadores energéticos y donde ocurre la mayor cantidad de pérdidas por mala calidad.

Las diferencias en el estado técnico de cada centro productivo, causado en lo fundamental por la obsolescencia tecnológica de sus instalaciones.

- Niveles de producción determinado por las pérdidas de calidad.

La caracterización tiene en cuenta la valoración del cumplimiento de los requisitos técnicos de la calidad en la producción terminada. En este sentido, resulta representativo el municipio Trinidad debido a su comportamiento en el esquema de consumo de portadores energéticos. La situación está dada debido a las características de la arcilla de los yacimientos de la localidad, tienen un alto contenido de óxidos de hierro y silicatos, por lo que el punto de fusión es más alto que el resto de la arcilla de otros yacimientos. Las causas evidencian la necesidad de un enfoque de proceso, que permita detectar oportunidades de mejora en el uso eficiente de la energía y en las prácticas de consumo para el proceso tecnológico, que se orienten hacia el ciclo de quema y la implementación de un sistema más eficiente en la gestión de los recursos energéticos.

3.2.3.4. Establecer usos significativos que afectan la energía.

El análisis del uso de portadores energéticos en el proceso de fabricación de ladrillos arrojó como resultado que el FUEL OIL y la Electricidad representan casi la totalidad, tal como se muestra en la Figura 3.6.

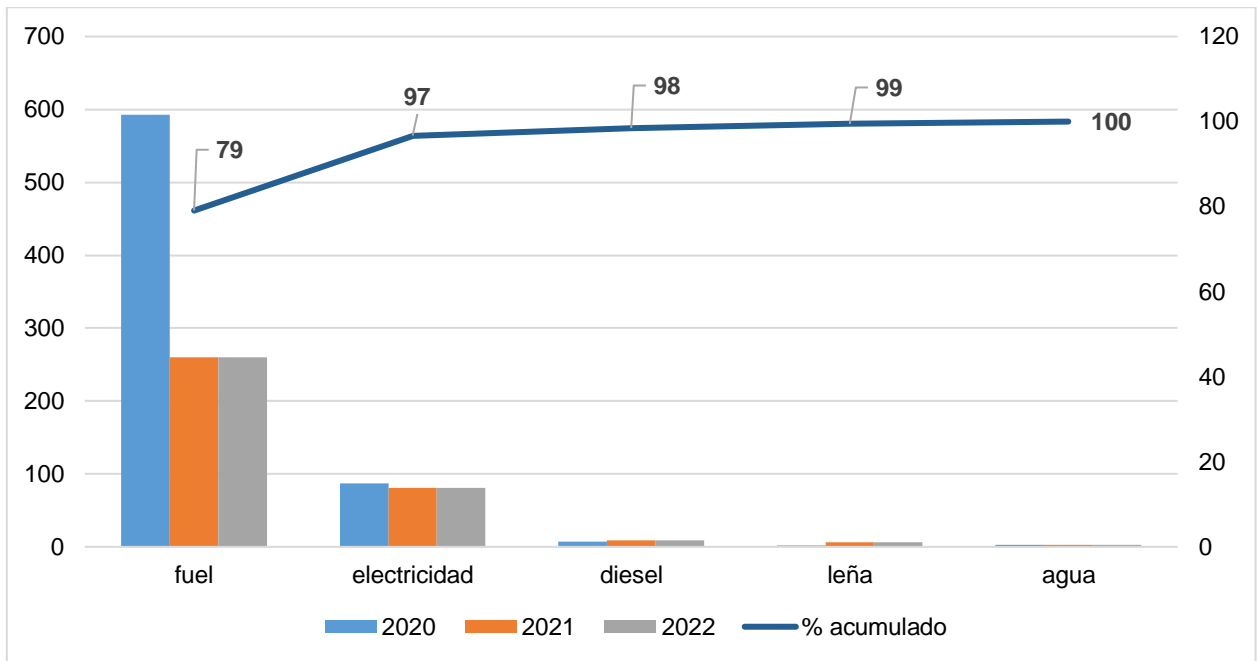


Figura 3. 6 Consumo de portadores energéticos en el proceso del ladrillo. Fuente elaboración propia.

Existen además variaciones significativas de los índices de consumo de portadores por centros en el proceso productivo. La Figura 3.7 muestra el comportamiento para la electricidad, mientras que en la Figura 3.8 se refleja el fuel oil.

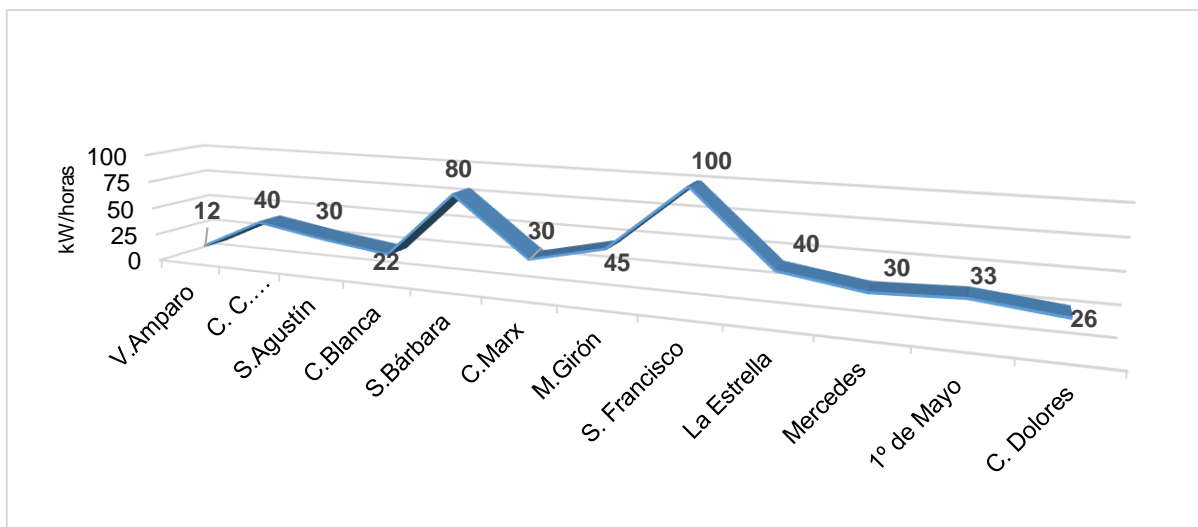


Figura 3. 7 Variaciones por centros en el índice de consumo de ELECTRICIDAD. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la empresa.

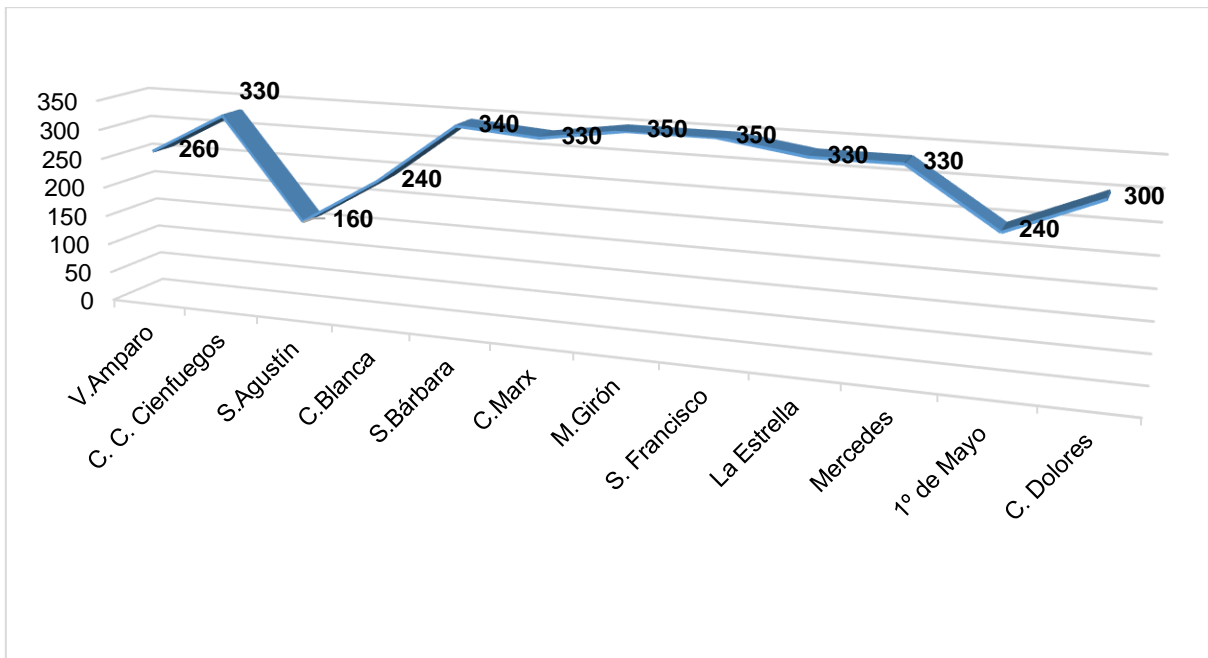


Figura 3. 8 Variaciones por centros en el índice de consumo de FUEL OIL. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la empresa.

La Figura 3.9 refleja las pérdidas de producción en el proceso, con comportamiento por encima de la media (5%), donde están implicados todos los centros del municipio Trinidad, se destaca desfavorablemente el centro Santa Bárbara, que en el mes de abril duplica las pérdidas respecto a la media.

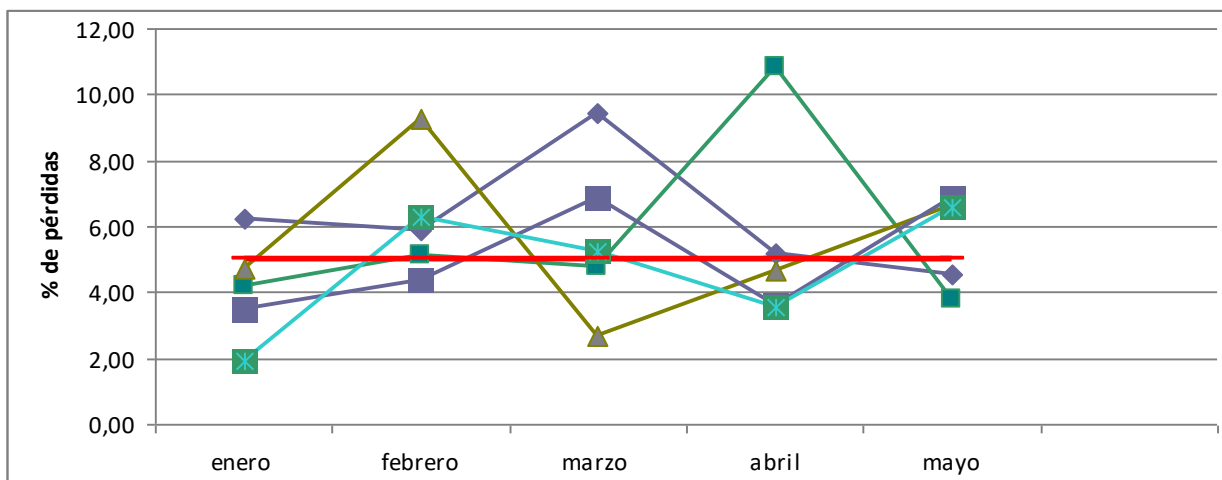


Figura 3. 9 Comportamiento de las pérdidas de producción por problemas de calidad, año 2021. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la empresa.

Esta situación provoca que la empresa deje de ingresar en un año, de acuerdo a la secuencia de estos resultados, un valor de \$ 93 591.00 MN que representa unos 118.469 MU de ladrillos.

El análisis de las pérdidas en proceso, valorado a través de los reportes técnicos de las no conformidades en la producción terminada, muestra que un 61% es por baja resistencia (más del 16% de absorción), situación provocada por la ineficiencia de la etapa de quema donde la cerámica no experimenta las transformaciones necesarias para alcanzar los parámetros de resistencia.

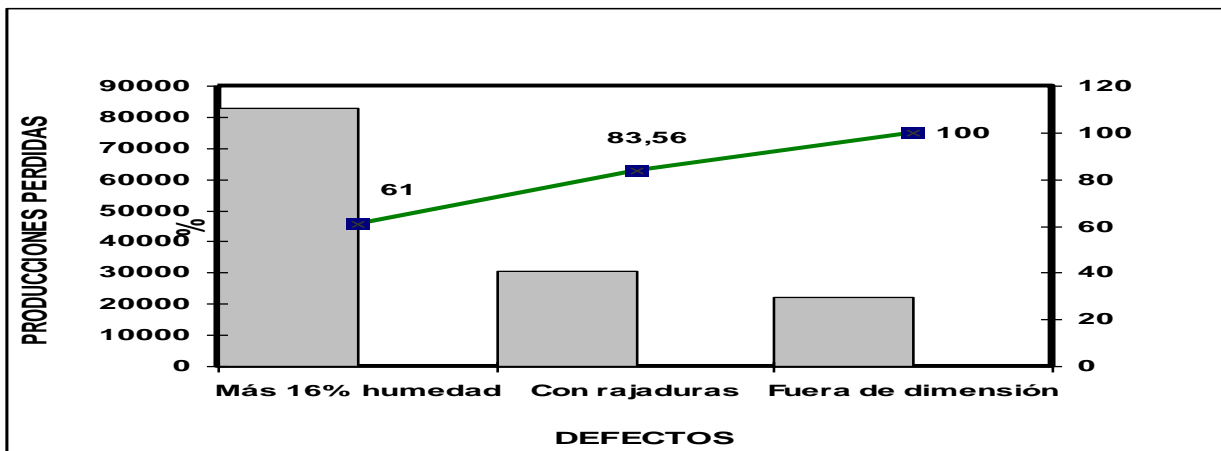


Figura 3. 10 Comportamiento de las no conformidades en el proceso de producción de ladrillos en el municipio Trinidad. Fuente: Elaboración propia del autor según datos de la empresa.

Los resultados obtenidos con la revisión fueron evaluados por los expertos, los cuales definieron elementos a tener en cuenta para la consecución de la mejora, con el nivel de prioridad correspondiente (ver Anexo 17).

1. No se alcanzan los niveles de temperaturas necesarios en la mitad superior del horno.
2. Falta de hermeticidad y escape de calor a la atmósfera.
3. Necesidad de identificar al personal que decide la eficiencia energética y capacitar de forma especializada a la dirección y personal involucrado en la producción, transformación o uso de la energía.

4. Endague cerrado del ladrillo en el horno.
5. No hay tiro o circulación de calor.
6. Arquería de los hornos atascada.
7. Salideros en sistemas de quema.
8. Insuficiente secado de la leña para el precalentamiento.
9. Combustible fuel oil de mala calidad.
10. Inexactitud en el control de las temperaturas.

3.2.4. ETAPA 3: Evaluación del desempeño energético operacional

3.2.4.1. Definición de indicadores de desempeño energético (IDEn)

Tomando en consideración los resultados del análisis de la revisión energética, se definen los indicadores para realizar la evaluación del desempeño energético operacional teniendo en cuenta los requisitos de calidad establecidos por las normas para la conformidad del producto terminado (Oficina nacional de normalización, 2005) y estudios referentes sobre índices de consumo para la actividad ladrillera cubana (Cardoso Núñez, 2012). En la Tabla 3.4 se describen los aspectos más significativos para una mejor comprensión.

Tabla 3. 4 Selección de indicadores de desempeño energético (IDEn).

Indicador	Descripción	Meta
% de Unidades Defectuosas (%UD)	Unidades defectuosas/ Producción total*100	≤ 3%
% de Absorción (%AB)	Peso húmedo – peso seco / peso seco x 100	≤ 16%
Índice de consumo de energía (ICS)	Cantidad de unidades físicas / unidades del portador energético	± 4.1

Fuente: Elaboración propia del autor.

Para definir el sistema de control de elaboran las fichas de evaluación del desempeño por indicador (Ver Anexo 18)

3.2.4.2. Establecimiento de la línea base energética (LBEn)

El establecimiento de la línea base energética (LBE_n) se realiza a partir de la variable relevante niveles de producción, donde se analiza la utilización de los recursos energéticos en el área productiva. Se tiene en cuenta la relación producción y consumo de Fuel Oil y Electricidad, portadores más representativos.

Para el caso del Fuel Oil (Figura 3.10), la relación es lineal con un $R^2=0.98$, lo que demuestra una fuerte correlación entre el nivel de producción (x) y el consumo de este portador (Y), expresado a través de la ecuación $Y = 0.19x - 55.750$

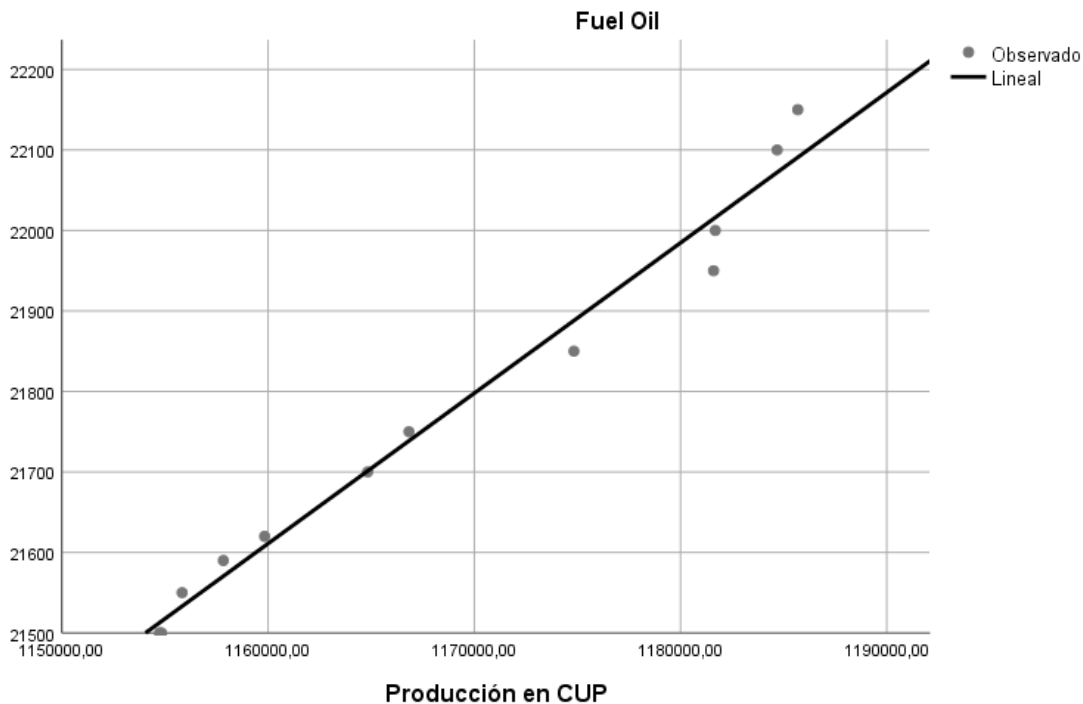


Figura 3. 11 Modelo de regresión para la relación de PRODUCCIÓN y el consumo de FUEL OIL.
Fuente: Elaboración propia del autor a partir de datos de la empresa.

Esta relación demuestra que las pérdidas productivas y el cumplimiento de los requisitos técnicos de calidad de la producción se deben al uso de estos energéticos, por ende, se deben diseñar las medidas necesarias para minimizar las pérdidas, de manera que la empresa alcance un desempeño energético operacional superior.

El análisis de la Figura 3.11 muestra que, para el caso del consumo de electricidad, a pesar estar dentro de los portadores energético de mayor consumo, su uso no tiene una relación lineal con el nivel de producción, su coeficiente de correlación es bajo

($R=0.0035$), por tanto, no es capaz de explicar la variabilidad del modelo propuesto. Significa que el aumento del volumen de producción no provoca un crecimiento en la cantidad de kW consumidos en la línea de proceso.

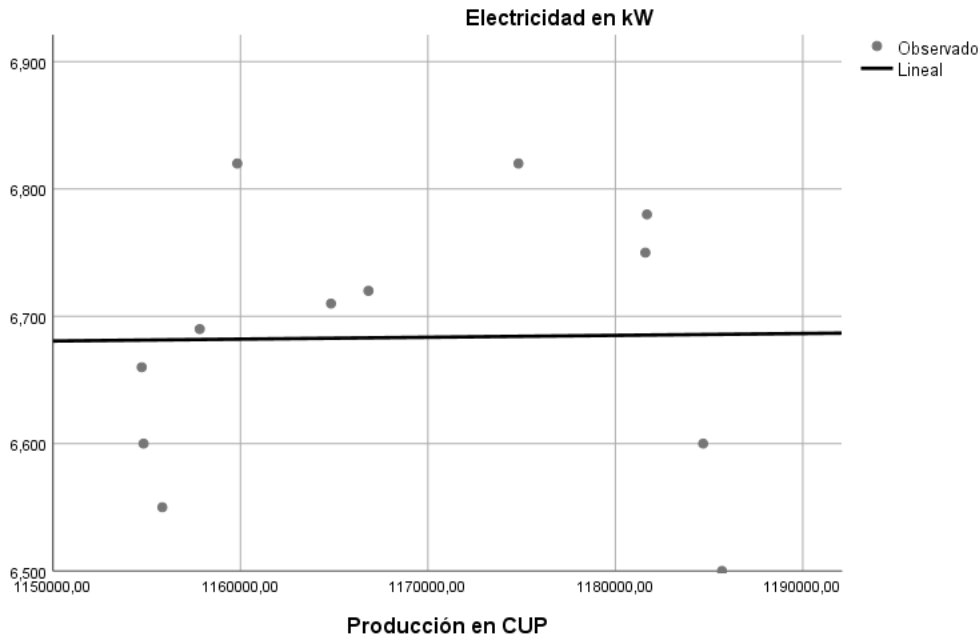


Figura 3. 12 Modelo de regresión para la relación de producción y el consumo de electricidad. Fuente: Elaboración propia del autor a partir de datos de la empresa.

El análisis estadístico se realizó a través del SPSS Versión 25.0, los resultados de la modelación aparecen en el (Anexo 19).

3.2.5. ETAPA 4: Estrategia para la mejora continua

El punto de referencia para la definición de la estrategia de mejora se realiza a partir de la variable relevante en función de las pérdidas de calidad.

- Nivel de evaluación comparativa: línea de proceso
- Controlar el desempeño de los indicadores: se realiza a través de garantizar el cumplimiento de los valores metas establecidos por medio del seguimiento del rendimiento en el tiempo.
- Identificación de oportunidades de mejora

En el análisis de los expertos manifiesta la necesidad de homogeneizar la temperatura en los centros de producción, pero la tecnología constructiva de los hornos no permite el control de la temperatura; son hornos abiertos en su parte superior lo que provoca fugas excesivas de calor.

Las acciones en este sentido, como refiere la literatura especializada, se orientan hacia la utilización de otras tecnologías para la construcción de los hornos para aprovechar mejor el calor, asegurar una circulación cerrada de los gases y una mejor distribución interna de las temperaturas que garanticen la mínima pérdida de calor por emanación a la atmósfera. Teniendo en cuenta este análisis y el nivel de prioridad otorgado por los expertos, se realizó la identificación y clasificación de las oportunidades de mejora:

Relacionadas con **MEJORAS ORGANIZATIVAS:**

A. Controlar como requisito a la entrada del proceso la calidad de portadores energéticos.

1. Exigir como requisito en el contrato con la Refinería y la Empresa Forestal el cumplimiento de parámetros de calidad relacionados con fuel oil y la leña.

B. Capacitación del personal.

2. Instruir al personal involucrado en el proceso en temas relacionados con las normas y condiciones de operación.

Relacionadas con **MEJORAS TECNOLÓGICAS:**

C. Reingeniería en el sistema de cocción

3. Calcular, diseñar y montar un horno con cúpula de bóveda que garantice una mejor conservación del calor en la parte superior del horno, así como el mínimo escape de humo y calor a la atmósfera.
4. Gestionar la compra de pirómetros para lograr un control más riguroso de la temperatura en la etapa de cocción.
5. Mejorar la hermeticidad de la instalación donde se realiza el secado para mitigar el efecto de la humedad relativa del ambiente.

D. Adecuación de endagues en los hornos de cocción.

6. Colocar de forma correcta el endague en los hornos para mejorar la circulación del calor y una distribución térmica adecuada en el interior.

3.3. Conclusiones parciales.

1. La aplicación de las etapas del procedimiento permitió evaluar la gestión energética de la producción de ladrillos de cerámica en la empresa objeto de estudio desde una concepción de proceso.
2. El diagnóstico del estado actual de consumo de portadores energéticos mostró que el Fuel Oil y la Electricidad (98.8%) representan los portadores con uso significativo, se demostró la relación directa de estos con el nivel de producción de ladrillos de la empresa y las pérdidas de calidad asociadas estableciendo los indicadores necesarios para asegurar el control.
3. Con la identificación de 4 oportunidades de mejora energética para el proceso de producción de ladrillos, clasificadas en tecnológicas y organizativas, se definieron un total de 6 acciones que contribuyen a elevar el desempeño energético operacional de la línea.

Conclusiones generales

1. El análisis sistemático de los principales referentes relacionados con la gestión de la energía, gestión de calidad y requisitos de eficiencia energética en procesos industriales demostró la utilidad del enfoque de proceso en la identificación de alternativas de mejora que contribuyen a elevar la eficiencia operacional en la industria ladrillera.
2. El procedimiento propuesto permitió el diagnóstico de la gestión energética actual en la empresa, así como la identificación de oportunidades para la mejora del desempeño energético desde un enfoque de proceso, que garantiza el análisis del uso y consumo de la energía en actividades altamente consumidoras como la fabricación de ladrillos de cerámica roja.
3. La evaluación de las oportunidades de mejora permitió definir 6 acciones, desde el punto de vista organizativo y tecnológico, que contribuyen a elevar la eficiencia operacional del proceso de fabricación de ladrillos de cerámica roja.

Recomendaciones

1. Exponer los resultados obtenidos con la investigación a la alta dirección de la empresa objeto de estudio de manera que contribuya a perfeccionar el proceso de mejora continua.
2. Ampliar el alcance del estudio a otros procesos productivos de la empresa.

Bibliografía

1. Ahern, C., Norton, B., & Enright, B. (2016). The statistical relevance and effect of assuming pessimistic default overall thermal transmittance coefficients on dwelling energy performance certification quality in Ireland. *Energy and Buildings*, 127, 268-278. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.05.089>
2. Amador Soto, G. J. (2018). *Control de procesos industriales con minimización del consumo energético* [Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de: Magister en Ingeniería Eléctrica]. Universidad Nacional de Colombia.
3. Beltrán Sanz, J. (2001). *Guía para una gestión basada en procesos*. Instituto Andaluz de Tecnología.
4. Berroa Borrell, F. E. (2007). *Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía en la "CTE Carlos M. de Céspedes*. [Tesis en opción al grado académico Máster en Eficiencia Energética]. Universidad de Cienfuegos.
5. Borroto Nordelo, A. (2013). *Recomendaciones metodológicas para la implementación de sistemas de gestión de la energía según la norma ISO 50001* (p. 64). Editorial Universidad de Cienfuegos.
6. Borroto Nordelo, A. E., & Monteagudo Yanes, J. P. (2006). *Gestión Y Economía Energética*. Universidad de Cienfuegos.
7. Bravo Amarante, E., Pérez Gómez, J., & Rodríguez Consuegra, C. (2014). *La Eficiencia Energética En La Producción De Ladrillos: Mini Revisión*. 14.
8. Campion, N., & Thiel, C. L. (2013). *A materials life cycle assessment of a net-zero energy building*. 6(2), 1125-1141.
9. Cancio-Bello, R. R. Á., Montelíer Hernández, S., Oviedo Regojo, A., & Bello González, O. (2021). *Bases para la implementación de un sistema de gestión energética en la UEB Ron "Luis Arcos Bergnes" de Cienfuegos basado en la NC-ISO 50001:2019 bases para la implementación*. 13(4).
10. Cardoso Núñez, N. (2012). *Mejoramiento de la calidad de la producción de ladrillos y la eficiencia energética en la empresa productora de materiales de la construcción*. [Tesis en opción al grado académico master en dirección]. Sancti Spiritus.
11. Castro Ruz, R. (2021). *Informe Central al 8vo. Congreso del Partido Comunista de Cuba* (p. 21). Partido Comunista de Cuba (PCC).
12. Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2007). *Transferencia de calor y masa fundamentos de aplicación* (4ta ed.). Mc Graw- Hill/ Interamericana de México.
13. CEPAL. (2021). *Construir un futuro mejor Acciones para fortalecer la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*.
14. Cerdá, E. (2018). Cambio Climático y Energía: Una visión a nivel global. *Papeles de Europa*, 31(1), 1-18. <https://doi.org/10.5209/PADE.61486>

15. Coletti, C., & Cultrone, G. (2016). *How to face the new industrial challenge of compatible, sustainable brick production: Study of various types of commercially available bricks*. 124. Applied Clay Science.
16. Collado Baldoquin, N., Himpe, E., González Couret, D., & Rueda Guzmán, L. (2019). Retos para una definición de “Edificios de consumo energético casi nulo” Challenges for a definition of Nearly Zero Energy Buildings. *Revista Ingeniería de Construcción*, 34(3), 9.
17. Comité Central del Partido Comunista de Cuba. (2021). *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2021-2026* (p. 86). Partido Comunista de Cuba (PCC).
18. Consejo de Estados y de Ministros de la República de Cuba. (2015). *Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Consejo de Estados y de Ministros de la República de Cuba.
19. Dall'O', G., Sarto, L., Sanna, N., Tonetti, V., & Ventura, M. (2015). On the use of an energy certification database to create indicators for energy planning purposes: Application in northern Italy. *Energy Policy*, 85, 207-217. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.06.015>
20. Díaz Canel, M. M., Fernández González, A., & Núñez Jover, J. (2021). *Gestión de Gobierno basado en ciencias e innovación*. 23(1).
21. Díaz León, J. A. (2017, julio 23). *Enfoque en Procesos: Mejora de la productividad y reduce costos*. <https://gerens.pe/blog/enfoque-procesos-productividad-costos/>
22. ENDESA. (2012). *Catálogo de Buenas Prácticas en Eficiencia Energética* (p. 20).
23. Fajardo Cuadro, J. G., Sarria López, B., & Álvarez Guerra Plasencia, M. (2015). *Trabajo teórico experimental*. 9.
24. Gómez Avilés. (2006). *Procedimiento para la mejora de la calidad del proceso industrial cubano de la caña de azúcar* [Tesis Doctoral]. Facultad de Industrial y Turismo.
25. Gómez Dorta, R. (2001). *Procedimientos para el mejoramiento de la calidad de generación y el consumo de energía*. Facultad Ciencias Empresariales.
26. Gómez Sarduy, J. R., Viego Felipe, P. R., Díaz Torres, Y., Álvarez-Guerra Plasencia, M. A., Sousa Santos, V., & Haeseldonckx, D. (2018). *A New Energy Performance Indicator for Energy Management System of a Wheat Mill Plant*. 8(4), 7.
27. Grupo Nacional para la Implementación de & la Agenda 2030. (2021). *I Informe Nacional Voluntario Cuba 2021* (Primero). Consejo de Estados y de Ministros de la República de Cuba.
28. Hernández, F. A., Lemus, I. A., Solano, F. E., & Martínez, L. A. (2019). *¿Qué características se requieren para que un edificio sea cero energía neta con un costo mínimo de ciclo de vida en la región de Centroamérica y el Caribe?* 6.

29. Hernández Palma, H. G., Martínez Sierra, D., & Cardona Arbelaez, D. C. (2015). *Enfoque basado en procesos como estrategia de dirección para las empresas de transformación*. 11(1), 141-150.
30. Hurtado de Mendoza Fernández, S. (2003). *Criterio de expertos. Su procesamiento a través del método Delphy*. HISTODIDÁCTICA. http://www.ub.edu/histodidactica/index.php?option=com_content&view=article&id=21:criterio-de-expertos-su-procesamiento-a-traves-del-metodo-delphy&catid=11:metodologia-y-epistemologia&Itemid=103
31. Incropera, F. P., & Dewitt, D. P. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor* (4ta ed.). prentice halo.
32. IPCC, Zhai, P., Roberts, D., Skea, J., R. Shukla, P., Masson-Delmotte, V., & Otto Pörtner, H. (2018). *Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza* [Resumen para responsables de políticas].
33. ISO, Organización Internacional de Normalización. (2015). *Sistema de gestión de la calidad. Principios fundamentales y vocabulario*.
34. Juvier Díaz, D. (2016). *Aplicación del sistema de gestión total eficiente de la energía en la pasteurizadora "La Villareña" como etapa preliminar para optar por la certificación ISO 50001*.
35. Labrada Mendigutia, R. (2015). *Valoración De Impactos Técnicos, Económicos Y Ambientales De Oportunidades De Ahorro De Energía Identificadas En La Universidad De Sancti Spíritus "José Martí Pérez"* [Tesis presentada en opción al título académico de máster en eficiencia energética]. Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez".
36. Lapido Rodríguez, D. M. (2015). *La Red de Eficiencia Energética en acciones nacionales para la implementación de la norma NC ISO 50001*. 4(3).
37. López Gómez, P. D. (2018). *Centro de Estudios Energéticos y Tecnológicos Ambientales (CEETA)* [Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniero Mecánico]. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.
38. Mahto, D., & Kumar, A. (2008). *Application of root cause analysis in improvement of product quality and productivity*. 1. <https://doi.org/10.3926/jjem.2008.v1n2.p16-53>
39. Martínez Pérez, F., Gassinski, L., Martínez Pérez, F., & Gassinski, L. (2022). La eficiencia energética y el papel del mantenimiento en la misma. *Ingeniería Energética*, 43(2), 10-18.
40. Ministerio de Energía y Minas. (2015). *Desarrollo de Capacidades para la Integración de Objetivos de Desarrollo Sostenible de Energía, Metas e Indicadores en los Programas Nacionales de Estadísticas en Países de América Latina*.

41. Oficina nacional de normalización. (2005). *Ladrillos cerámicos de arcilla cocida, requisitos*.
42. Oficina Nacional para el uso racional de la energía (ONURE). (2022). *Guía para la implementación de sistemas de gestión de la energía*.
43. OptimaGrid. (2011). *Buenas Prácticas para el Ahorro de Energía en la Empresa*.
44. Organización Internacional de Normalización. (2019). *Sistema de Gestión Energética*.
45. Organización Latinoamericana de Energía. (2020). *Perspectivas energéticas para América Latina y el Caribe*.
46. Pacheco Paladini, E., Gómez Avilés, B., Rodríguez Perez, G., Cardoso Nuñez, N., & Carlos Araldi, J. (2021). *Quality Improvement of energy management: An analysis of industries in a developing country*. 32, 207-239. <http://dx.doi.org/10.46925//rdluz.32.15>
47. Pérez González, J. C. (2016). *Implementación de la Etapa de Planificación Energética basado en la NC-ISO 50001 del 2011 en el Centro de Instrucción Provincial "Protesta de Jarao"*.
48. Pons Murguía, R. (1994). *Investigación y elaboración de procedimiento para el mejoramiento de la calidad de la producción de partes, piezas y equipos* [Tesis Doctoral]. UCLV.
49. Risholt, B., Time, B., & Hestnes, A. G. (2013). Sustainability assessment of nearly zero energy renovation of dwellings based on energy, economy and home quality indicators. *Energy and Buildings*, 60, 217-224. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.12.017>
50. Rodríguez Ramírez, J. D. N., Martínez Alvarez, C., Méndez Lagunas, L., & Aguilar Lescas, M. (2020). *Perfiles de temperatura en un horno ladrillero*. 3, 209-217.
51. Rosero, J., Garza, L., Minchala, L., Pozo, D., & Morales, L. (2013). Fuentes de generación de energía eléctrica convencional y renovable a nivel mundial. *Revista Politécnica*, 32(2), 1-13.
52. Sánchez, G. C. C., Monteagudo Yanes, J. P., Montesino Pérez, M., Cruz Viroso, I., & Cabrera Sánchez, J. L. (2019). *La Gestión Energética En La Fabricación De Piensos Balanceados En Cienfuegos*. 11(1).
53. Santana Hernández, C. (2018). *Implementación de un sistema de gestión acorde a la norma ISO 50001 en una planta de queso crema*. Universidad de Matanzas.
54. SchneiderElectric. (2016). *Eficiencia Energética Manual de Soluciones*.
55. SGIE. (2014). *Programa Estratégico Nacional Sistema de Gestión Integral de Energía*. Sistemas de Gestión Integral de la energía.
56. Sikder, A. H. F., & Begum, K. (2016). *Assessment of macro and micro nutrients around brick kilns agricultural environment*. 3(1), 61-68. Information Processing in Agriculture.
57. Simeoni, P., Gellio, C., Cottés, M., & Antonella, M. (2019). *Integrating industrial waste heat recovery into sustainable smart energy systems*.

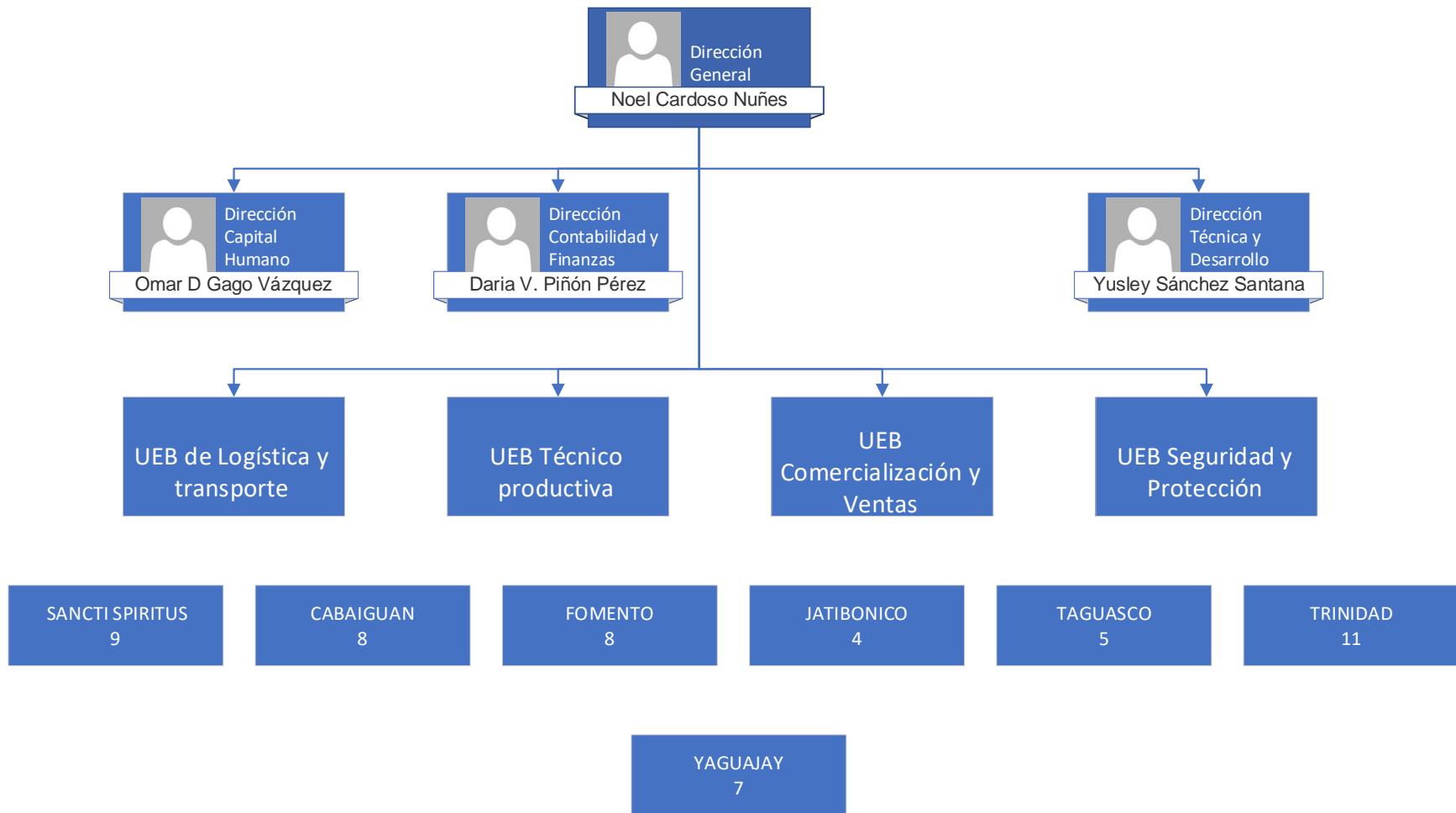
58. Socorro Carballosa, Y. (2016). *Energías renovables y ahorro energético en Cuba*.
59. Valdivia Nodal, Y., Álvarez Guerra, M., Gómez Sarduy, J., & Hens, L. (2019). *Sanitary hot water production from heat recovery in hotel buildings in Cuba*. 40, 12.

ANEXOS

Anexo 1: Seis axiomas a tomar en consideración en el proceso de decisión multicriterio

1. El analista debe aparecer con una actitud modesta y presentar sus diversas conclusiones, incluso si estas son divergentes, y no sentirse frustrado si su trabajo no es más que un elemento entre otros planteados para la toma de la decisión final.
2. No es posible lograr un proceso de decisión que conserve una racionalidad sustantiva global de principio a fin. El decisor tiene que evolucionar sus criterios, cambiar sus puntos de vista o retroceder si fuera necesario.
3. Los criterios pueden variar con el tiempo. La creación de nuevas alternativas o la supresión de algunas, puede facilitar la búsqueda del consenso.
4. Todo método que se aleje de las representaciones y de las limitadas capacidades calculadas del decisor, será muy difícil de imponer en la práctica, en la medida de que, por lo general, los decisores son mucho más aprehensivos que calculadores.
5. La optimización, como concepto teórico, no resulta de utilidad en situaciones de extrema incertidumbre o de conflicto, o simplemente al estar mal definidas estas, por ser multidimensionales o poco propicias para una modelización numérica.
6. No existe una definición universal de optimalidad, sino que ésta depende del contexto organizativo, de las ideas y hasta de las segundas intenciones y de los objetivos del decisor.

Anexo 2: Organigrama de la empresa PROMAC SS.



Anexo 3: Aplicación del Método de Expertos

A partir de los problemas existentes en el uso y control de los portadores, se seleccionan las necesidades de la gestión energética realizando una tormenta de ideas con expertos de la organización. La determinación del número de expertos se realiza a partir de la distribución binomial de probabilidad siguiente:

$$n = \frac{p*(1-p)*k}{i^2}$$

Donde:

i: nivel de precisión deseado.

p: proporción estimada de errores de los expertos

k: constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza elegido.

Tomando los valores siguientes:

$$i = 0.10$$

$$p = 0.01$$

$$k = 6.6564 \text{ para un } 99\% \text{ nivel de confianza}$$

Se procede a hacer los cálculos:

$$n = \frac{0.01*(1-0.01)*6.6564}{0.10^2} = 6.5898 \approx 7 \text{ Expertos.}$$

A partir del criterio de los expertos seleccionados se precisan los problemas existentes en los que el reglamento de gestión energética debe dar respuesta.

Anexo 4. Listado de candidatos para seleccionar el grupo de expertos

No.	Cargo	Experiencia
1	Técnico en Gestión de Calidad.	24 años
2	Director de Producción	13 años
3	Ingeniera Explotación Yacimientos	19 años
4	Técnico en Gestión de los Recursos Humanos	22 años
5	Director Técnico y de Desarrollo	11 años
6	Director General	33 años
7	Técnico en uso de la energía	27 años
8	Especialista Principal de Producción	5 años
9	Técnico A en Explotación de Transporte	23 años
10	Tecnólogo en Producción	35 años
11	Especialista B en Uso Racional de la Energía	14 años
12	Especialista C en Gestión Comercial	29 años

Anexo 5. Cálculo del coeficiente de competencia

Determinación del Kc Grado de conocimiento o información.

$$Kc = n(0,1)$$

Expertos	Grado de conocimiento o información										Kc
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1										X	1
2								X			0.8
3									X		0.9
4										X	1
5									X		0.9
6										X	1
7									X		0.9
8									X		0.9
9										X	1
10								X			0.7
11									X		0.9
12								X			0.7

Anexo 6. Determinación del Coeficiente de Argumentación.

Expertos	Fuentes de argumentación																	
	1			2			3			4			5			6		
	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B
1	X			X			X			X			X			X		
2		X				X			X		X				X		X	
3			X		X				X		X			X				X
4	X				X		X			X			X			X		
5		X		X				X		X			X			X		
6	X			X			X			X				X		X		
7	X			X			X			X			X				X	
8		X		X				X			X		X			X		
9	X				X		X			X				X		X		
10		X			X				X			X			X			X
11	X			X			X			X			X			X		
12		X				X			X		X				X			X

Anexo 7. Determinación de Kc.

Hurtado de Mendoza		
ALTO	MEDIO	BAJO
0.27	0.21	0.13
0.24	0.22	0.12
0.14	0.10	0.06
0.08	0.06	0.04
0.09	0.07	0.05
0.18	0.14	0.10

Expertos	Fuentes de argumentación						Ka
	1	2	3	4	5	6	
1	0.27	0.24	0.14	0.08	0.09	0.18	1
2	0.21	0.12	0.10	0.06	0.07	0.14	0.70
3	0.13	0.24	0.06	0.06	0.07	0.10	0.66
4	0.27	0.22	0.14	0.08	0.09	0.18	0.98
5	0.21	0.24	0.10	0.08	0.09	0.18	0.90
6	0.27	0.24	0.14	0.08	0.07	0.18	0.98
7	0.27	0.24	0.14	0.08	0.09	0.18	1
8	0.21	0.24	0.10	0.06	0.09	0.18	0.88
9	0.27	0.24	0.14	0.08	0.09	0.18	1
10	0.21	0.22	0.06	0.04	0.05	0.10	0.68
11	0.27	0.24	0.14	0.08	0.09	0.18	1
12	0.21	0.12	0.06	0.06	0.05	0.10	0.60

Anexo 8. Coeficiente de Competencia (K)

Expertos	Coeficientes			Evaluación del experto
	Kc	Kc	Kc	
1	1	1	1	Alto
2	0.8	0.70	0.75	Medio
3	0.9	0.66	0.78	Medio
4	1	0.98	0.99	Alto
5	0.9	0.90	0.9	Alto
6	1	0.98	0.99	Alto
7	0.9	1	0.95	Alto
8	0.9	0.88	0.89	Alto
9	1	1	1	Alto
10	0.7	0.68	0.69	Medio
11	0.9	1	0.95	Alto
12	0.7	0.60	0.65	Medio

- Si $0,8 < K < 1,0$ coeficiente de competencia alto.
- Si $0,5 < K < 0,8$ coeficiente de competencia medio
- Si $K < 0,5$ coeficiente de competencia bajo

Los expertos seleccionados para formar el equipo de trabajo son el 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11.

Listado de expertos seleccionados.

1. Tania Clementes Torres
Técnico en gestión Calidad.
2. Pedro López Castro
Especialista principal de producción.
3. Tomás Mursulí García

Técnico en Gestión de los Recursos Humanos.

4. Noel Cardozo Núñez

Director General.

5. Quintiliano Gutiérrez Cajal

Técnico A Explotación de Transporte

6. Clara Belkis García Pardillo

Técnico en uso racional de la energía

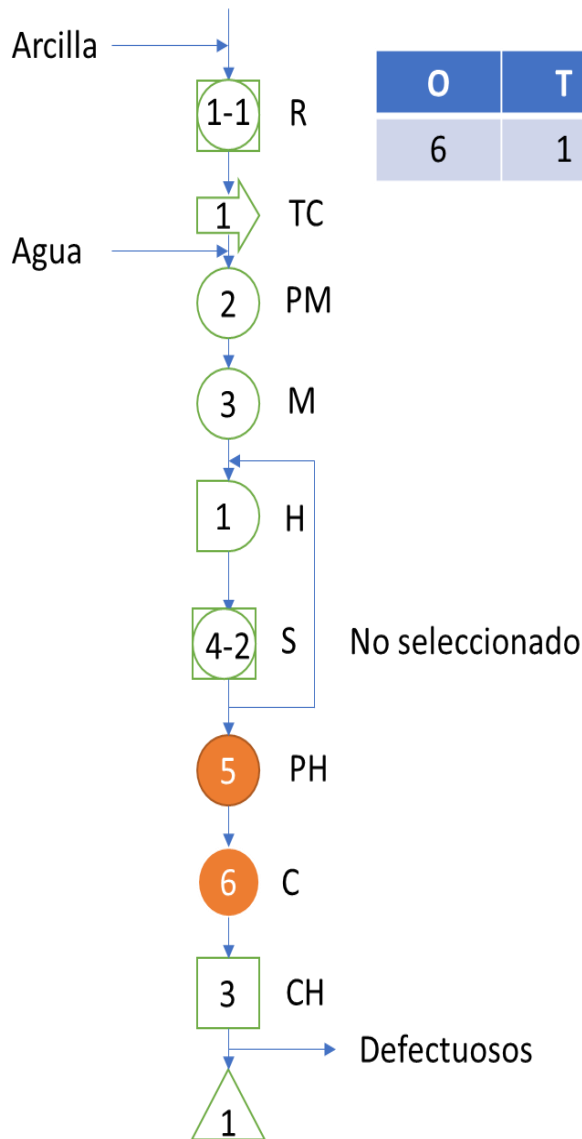
7. Yusley Sánchez Santana

Director tecnología y desarrollo

Anexo 9: Despliegue de la Matriz DAFO

Análisis del contexto de la organización en materia de energía DAFO		OPORTUNIDADES				AMENAZAS			
		Estabilidad en la asignación de materias primas e insumos.	Mercado seguro en la provincia.	Apertura de relaciones con nuevos actores económicos.	Contexto apropiado para la implementación de normas de energía.	Efectos negativos en la política financiera por el embargo comercial.	Aumento e inestabilidad de precios de los portadores energéticos a escala global.	Crisis actual en la situación energética en el país.	Acceso limitado al mercado con alto estándar de eficiencia energética.
FORTALEZAS	Amplia estructura técnico organizativa para la diversificación de la y planificación de la producción en los centros.	3	3	2	3	3	3	3	3
	Implantación de Sistema de Gestión como el NC ISO 9000: 2015 y el Perfeccionamiento Empresarial.	1	2	3	3	2	1	2	2
	Recursos humanos con alto nivel de calificación y experiencia en las prácticas de la industria ladrillera.	2	3	3	3	1	1	1	1
	Parque de equipos especializados de la construcción propio de la entidad.	3	3	3	2	3	3	3	2
	Cercanía de los yacimientos de arcilla de los centros productores.	3	3	3	1	2	3	3	2
DEBILIDADES	No está definida la política energética de la empresa.	1	2	2	3	3	3	3	3
	La gestión de la energía se realiza de manera aislada, con ausencia de un enfoque sistémico por procesos.	2	2	3	3	3	3	3	2
	Alta variabilidad de los índices de consumo por centros productores.	3	2	2	3	2	3	3	2
	Obsolescencia tecnológica de las máquinas y herramientas en las instalaciones productivas	3	3	3	3	3	3	3	3
	Ausencia de equipos de medición para el control del uso y consumo de la energía.	1	1	1	3	3	1	1	3

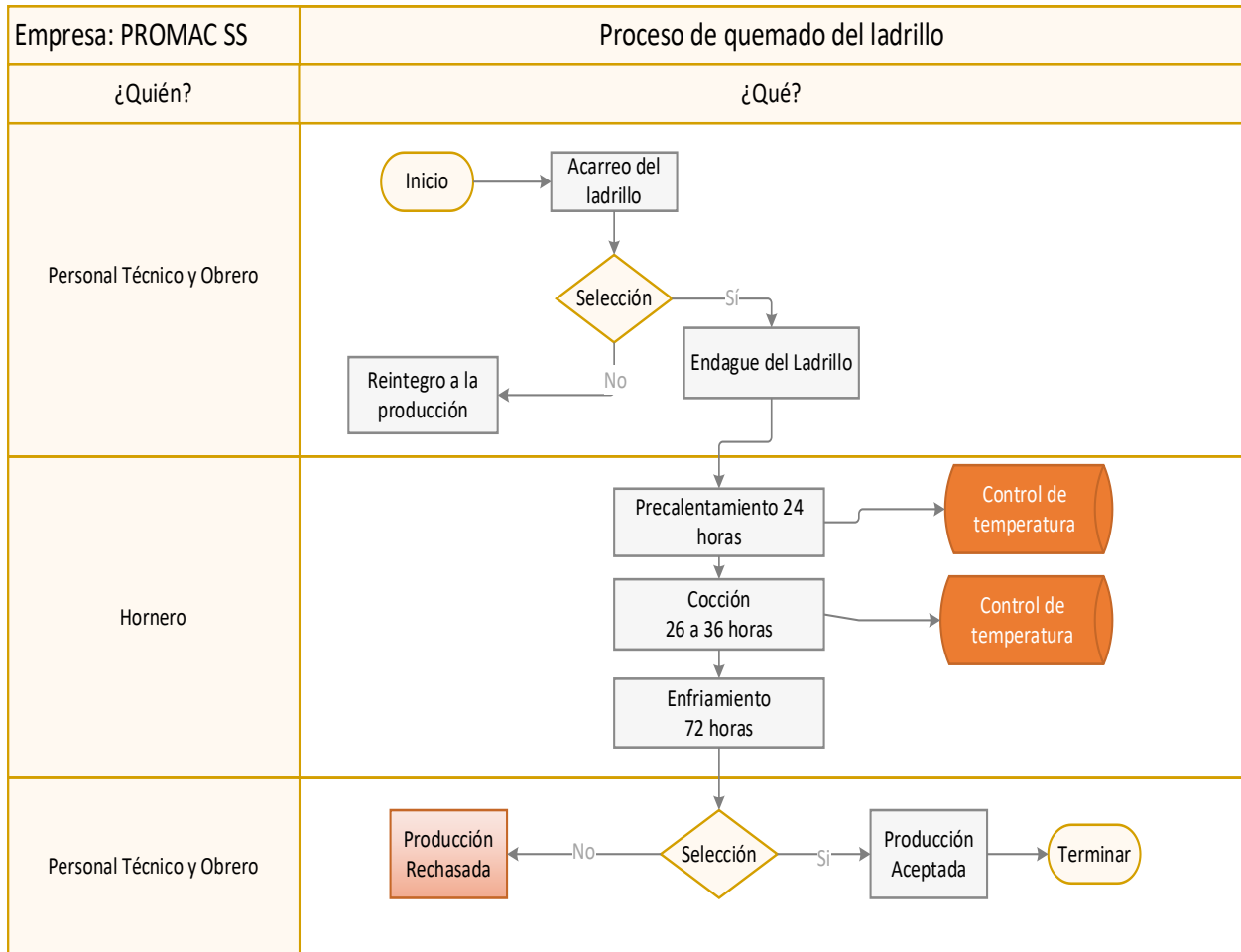
Anexo 10: OTIDA del proceso de fabricación de ladrillos.



Leyenda.

- R-Recepción
- TC-Transporte en carretilla
- PM-Preparación Mescla
- M-Mezclado
- H-Humectación de la mescla
- S-Secado y selección de productos
- PH-Pre calentamiento horno
- C-Cocción
- CH-Control de humedad, resistencia y absorción

Anexo 11: Descripción de las actividades en la etapa de cocción.



Anexo 12: Composición de los gastos de la empresa para el año 2021.

Estructura 2021			
Partidas de Gastos	Pesos/Año	%	%A
Salario	2362,5	42	41,65
Energía	1348,6	24	65,42
Otros Gastos de Fza de Trabajo	896,2	16	81,22
Mat Primas y Materiales	688,9	12	93,36
Otros Gastos Monetarios	332,2	6	99,22
Amortización	44	1	100
Total Gastos	5672,4	100	

Anexo 13: Gastos en MP sobre el consumo de portadores energéticos en la fabricación de ladrillos.

Energía	2020	2021	2022	totales	%	acumulado	% acumulado
Fuel	592,8	260	260	1112,8	79,0787693	1112,8	79
Electricidad	86,753	80,6	80,6	247,953	17,6202535	1360,753	97
Diesel	6,783	9,1	9,1	24,983	1,77536385	1385,736	98
Leña	1,9685	5,85	5,85	13,6685	0,97132293	1399,4045	99
Agua	2,6	2,6	2,6	7,8	0,55429044	1407,2045	100
Total				1407,2045	100		

Anexo 15: Datos sobre el comportamiento de los índices de consumo.

Centros	Índice de Electricidad
V.Amparo	12
C. C. Cienfuegos	40
S.Agustín	30
C.Blanca	22
S.Bárbara	80
C.Marx	30
M.Girón	45
S. Francisco	100
La Estrella	40
Mercedes	30
1º de Mayo	33
C. Dolores	26

Centros	Índice de Fuel Oil
V.Amparo	260
C. C. Cienfuegos	330
S.Agustín	160
C.Blanca	240
S.Bárbara	340
C.Marx	330
M.Girón	350
S. Francisco	350
La Estrella	330
Mercedes	330
1º de Mayo	240
C. Dolores	300

Anexo 16: Datos sobre las pérdidas por calidad en la fabricación de ladrillos.

Meses	% defectuosos	Meta
Enero	1,9	3
Febrero	6,3	3
Marzo	5,2	3
Abril	3,5	3
Mayo	6,6	3
Junio	3,6	3

Meses	% absorción	Meta
Enero	17	16%
Febrero	19	16%
Marzo	16,9	16%
Abril	16,5	16%
Mayo	17,2	16%
Junio	17,9	16%

Meses	Índice	Meta
Enero	3,70	3%
Febrero	3,60	3%
Marzo	3,50	3%
Abril	3,40	3%
Mayo	3,75	3%
Junio	3,16	3%

Anexo 17: Análisis de prioridades según el juicio de los expertos.

Para determinar si es o no confiable el juicio emitido por los expertos se utiliza el coeficiente de concordancia de Kendall.

Primeramente, se realiza una ponderación de las necesidades otorgándole un valor del 1 a 5, asignándole 1 a la más importante.

Características	Criterio de los Expertos							$\sum a_{ij}$	Δ	Δ^2
	1	2	3	4	5	6	7			
Insuficiente secado de la leña para el precalentamiento	4	3	2	1	3	2	2	17	-21.5	462.25
Falta de hermeticidad y escape de calor a la atmosfera.	3	4	3	5	4	3	4	26	-12.5	156.25
Salideros en sistemas de quema	5	4	2	1	1	2	3	18	-20.5	420.25
Inexactitud en el control de las temperaturas	1	1	3	3	2	2	3	15	-23.5	552.25
No se alcanzan los niveles de temperaturas necesarios en la mitad superior del horno	4	3	4	3	4	5	4	27	-11.5	132.25
Necesidad de identificar al personal que decide la eficiencia energética y capacitar de forma especializada a la dirección y personal involucrado en la producción, transformación o uso de la energía.	4	5	3	2	3	3	3	23	-15.5	240.25
Arquería de los hornos atascada	2	4	3	4	1	2	3	19	-19.5	380.25
No hay tiro o circulación de calor	2	2	3	4	2	3	4	20	-18.5	342.25
Endague cerrado del ladrillo en horno	5	5	2	1	4	3	2	22	-16.5	272.25
Combustible fuel oil de mala calidad	2	2	3	2	2	3	2	16	22.5	506.25
								$\sum \Delta^2$	3464.5	

Con el resultado se procede a determinar la concordancia utilizando la siguiente expresión:

$$\omega = \frac{12 * \sum \Delta^2}{M^2 * (K^3 - K)}$$

donde:

M: Número de expertos.

K: Número de propiedades o índices a evaluar

Δ : Desviación del valor medio de los juicios emitidos. Valor que se calcula mediante la ecuación:

$$\Delta = \sum_{j=1}^m a_{ij} - \tau$$

Donde:

a_{ij} : Juicio de importancia del índice i dado por el experto j.

τ : Factor de comparación (valor medio de los rangos)

$$\tau = \frac{M * (K + 1)}{2} = \frac{7 * (10 + 1)}{2} = 38.5$$

ω debe estar entre (0.1), hay autores que plantean que:

(0...0.49) no es confiable.

(0.5...1) es confiable.

Sustituyendo los valores obtenidos, se obtiene:

$$\omega = \frac{12 * 3464.5}{7^2 * (10^3 - 10)} = 0.857$$

El trabajo con los 7 expertos aportó un valor de $W = 0,857$, que muestra que existe concordancia entre los juicios emitidos, de esta forma se determinan que las prioridades de los problemas a darle respuesta por el reglamento de gestión energética son las siguientes:

1. No se alcanzan los niveles de temperaturas necesarios en la mitad superior del horno.
2. Falta de hermeticidad y escape de calor a la atmósfera.

3. Necesidad de identificar al personal que decide la eficiencia energética y capacitar de forma especializada a la dirección y personal involucrado en la producción, transformación o uso de la energía.
4. Endague cerrado del ladrillo en el horno.
5. No hay tiro o circulación de calor.
6. Arquería de los hornos atascada.
7. Salideros en sistemas de quema
8. Insuficiente secado de la leña para el precalentamiento.
9. Combustible fuel oil de mala calidad.
10. Inexactitud en el control de las temperaturas.

Los expertos valoraron que la gestión energética se enfoca a la adopción de medidas aisladas, que no garantizan el mejoramiento continuo de la eficiencia económica de la empresa. De igual forma se pudo analizar que el desarrollo del sistema de Dirección y Gestión de la Empresa, está por encima del desarrollo de la Gestión energética.

Anexo 18: Ficha para el control de indicadores de proceso.

Indicador: % Unidades Defectuosos (%UD)

EMPRESA: PROMAC SS	PROCESO DE FABRICACIÓN DE LADRILLO Centro:																						
FICHA DE INDICADOR		REFERENCIA: FD7																					
RESULTADO PLANIFICADO	Menos del 3% de unidades defectuosas																						
INDICADOR: % de Unidades Defectuosas																							
FORMA DE CALCULO: Unidades defectuosas/ Producción Total *100																							
FUENTES DE INFORMACIÓN: Registro diario de producción por calidades																							
SEGUIMIENTO Y PRESENTACIÓN: Gráfico % de pérdidas																							
<table border="1"> <caption>Data for % DEFECTUOSAS</caption> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Meta (%)</th> <th>% defectuosas (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Enero</td> <td>3.0</td> <td>2.0</td> </tr> <tr> <td>Febrero</td> <td>3.0</td> <td>3.2</td> </tr> <tr> <td>Marzo</td> <td>3.0</td> <td>2.8</td> </tr> <tr> <td>Abril</td> <td>3.0</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>Mayo</td> <td>3.0</td> <td>2.1</td> </tr> <tr> <td>Junio</td> <td>3.0</td> <td>2.6</td> </tr> </tbody> </table>			Mes	Meta (%)	% defectuosas (%)	Enero	3.0	2.0	Febrero	3.0	3.2	Marzo	3.0	2.8	Abril	3.0	1.5	Mayo	3.0	2.1	Junio	3.0	2.6
Mes	Meta (%)	% defectuosas (%)																					
Enero	3.0	2.0																					
Febrero	3.0	3.2																					
Marzo	3.0	2.8																					
Abril	3.0	1.5																					
Mayo	3.0	2.1																					
Junio	3.0	2.6																					

Anexo 18: (continuación)

Indicador: % Absorción (%Ab)

EMPRESA: PROMAC SS	PROCESO DE FABRICACIÓN DE LADRILLO Centro:																						
FICHA DE INDICADOR		REFERENCIA: FD7																					
RESULTADO PLANIFICADO	No mayor del 16%																						
INDICADOR: % de absorción																							
FORMA DE CALCULO: $\text{Peso húmedo} - \text{peso seco} / \text{peso seco} \times 100$																							
FUENTES DE INFORMACIÓN: Registro muestras de laboratorio																							
SEGUIMIENTO Y PRESENTACIÓN: Muestras de producción																							
<table border="1"> <caption>% ABSORCIÓN</caption> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>% absorción</th> <th>meta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Enero</td> <td>14.5</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Febrero</td> <td>13.5</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Marzo</td> <td>13.5</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Abril</td> <td>14.5</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Mayo</td> <td>14.5</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Junio</td> <td>13.5</td> <td>16</td> </tr> </tbody> </table>			Mes	% absorción	meta	Enero	14.5	16	Febrero	13.5	16	Marzo	13.5	16	Abril	14.5	16	Mayo	14.5	16	Junio	13.5	16
Mes	% absorción	meta																					
Enero	14.5	16																					
Febrero	13.5	16																					
Marzo	13.5	16																					
Abril	14.5	16																					
Mayo	14.5	16																					
Junio	13.5	16																					

Anexo 18: (continuación)

Indicador: Índice de consumo de combustible

EMPRESA: PROMAC SS	PROCESO DE FABRICACIÓN DE LADRILLO																						
	Centro:																						
FICHA DE INDICADOR		REFERENCIA: FD7																					
RESULTADO PLANIFICADO	4.1 LADRILLO* LITRO DE FUEL OIL																						
INDICADOR: Índice de consumo																							
FORMA DE CALCULO: Cantidad de unidades / Unidades de portador energético																							
FUENTES DE INFORMACIÓN: Registros combustible consumido																							
SEGUIMIENTO Y PRESENTACIÓN: Variación de los índices de consumo																							
<table border="1"> <caption>INDICE DE CONSUMO</caption> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Índice de consumo</th> <th>Consumo meta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Enero</td> <td>4,30</td> <td>4,10</td> </tr> <tr> <td>Febrero</td> <td>3,90</td> <td>4,10</td> </tr> <tr> <td>Marzo</td> <td>4,20</td> <td>4,10</td> </tr> <tr> <td>Abril</td> <td>4,00</td> <td>4,10</td> </tr> <tr> <td>Mayo</td> <td>4,10</td> <td>4,10</td> </tr> <tr> <td>Junio</td> <td>4,20</td> <td>4,10</td> </tr> </tbody> </table>			Mes	Índice de consumo	Consumo meta	Enero	4,30	4,10	Febrero	3,90	4,10	Marzo	4,20	4,10	Abril	4,00	4,10	Mayo	4,10	4,10	Junio	4,20	4,10
Mes	Índice de consumo	Consumo meta																					
Enero	4,30	4,10																					
Febrero	3,90	4,10																					
Marzo	4,20	4,10																					
Abril	4,00	4,10																					
Mayo	4,10	4,10																					
Junio	4,20	4,10																					

Anexo 19: Salidas del SPSS para el análisis de regresión y correlación de los portadores energéticos.

Ajuste de la curva de regresión para la electricidad en kW

Resumen del modelo

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,018	0,000307	-,100	,109

La variable independiente es Producción en CUP.

ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	,000	1	,000	,003	,957
Residuo	,119	10	,012		
Total	,119	11			

La variable independiente es Producción en CUP.

Coefficientes

		Coefficients no estandarizados		Coefficients estandarizados Beta	t	Sig.
		B	Desv. Error			
Producción en CUP		1,472E-7	,000	,018	,055	,957
(Constante)		6,511	3,106		2,096	,062

Anexo 19: (continuación)

Ajuste de la curva de regresión para Fuel Oil

Resumen del modelo

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,990	,981	,979	33,850

La variable independiente es Producción en CUP.

ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	587908,240	1	587908,240	513,079	,000
Residuo	11458,426	10	1145,843		
Total	599366,667	11			

La variable independiente es Producción en CUP.

Coefficientes

		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
Producción en CUP		,019	,001	,990	22,651	,000
(Constante)		-55,750	963,679		-,058	,955