

**UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS “JOSÉ MARTÍ PÉREZ”  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA EN PROCESOS AGROINDUSTRIALES**



**TRABAJO DE DIPLOMA**

*Título: Procedimiento para la gestión energética en la Fábrica  
de hielo de la UEB Central Azucarero “Uruguay”.*

*Autor: Misael Dorta Ramos.*

*Tutor: Ing. Noel Chaviano Lorenzo.*

**Sancti Spíritus 2011  
Año 53 de La Revolución**

## *Pensamiento*

*“...Nosotros no estamos esperando que aparezca mucho petróleo, porque hemos descubierto, afortunadamente, algo mucho más importante, el ahorro de energía, que es como encontrar un gran yacimiento...”*

***Fidel Castro Ruz***

*Dedicatoria*

*A mis padres.*

## *Agradecimientos*

A mis queridos amigos, por estar a mi lado durante todos estos años.

A mis compañeros de estudios, por brindarme en cada etapa de mi vida alegrías, tristezas y experiencia, especialmente a Marina Curbeira Mursulí.

A mi tutor Noel Chaviano Lorenzo que me entregó su tiempo y fue apoyo en todo instante, por las orientaciones brindadas, por su dedicación, su interés, amistad y confiar en mí para la realización de esta investigación.

A mis compañeros de trabajo que me apoyaron hasta el último momento.

A todos los que de una forma u otra brindaron su colaboración en la realización de este trabajo.

## *Resumen*

En el presente trabajo se diseña e implementa un procedimiento para la gestión energética en la Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero “Uruguay”. La investigación parte de una revisión bibliográfica que brinda un basamento teórico y permite conocer los antecedentes en algunos países del mundo, en Cuba y en el sector empresarial del tema objeto de estudio. Se comienza con el diagnóstico de la gestión energética en la Fábrica de hielo, donde se determinan las causas que dieron origen a la problemática existente, con la utilización de las herramientas de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía . Con la identificación de los puestos claves se localizan las principales potencialidades de ahorro de portadores energéticos en la Fábrica de Hielo, y las personas que mayor incidencia tienen en el consumo de los mismos. Por último, a través del criterio de los expertos, se precisan las necesidades de la gestión energética en la unidad objeto de estudio y se propone a la dirección de la UEB Central Azucarero “Uruguay” una serie de acciones encaminadas a elevar la eficiencia en el uso de los portadores energéticos en la Fábrica de hielo.

## *Summary*

In the present work a procedure is designed and implemented para the power management in the fábrica F of h ielo of the Central UEB Sugar "Uruguay ". The investigation leaves from a bibliographical revision that offers a t heoretical plinth and allows to know the antecedents in some countries the world, Cuba and the enterprise sector of the subject study object. It is begun with the diagnosis of the power management in the fábrica ice F, where the causes that gave problem atic origin the existing one, with the use of the tools of the Technology of Efficient Total Management of the Energy are determined. With the identification of the key positions the main potentialities of saving of power carriers in the Ice Factory, and the people are located whom greater incidence they have in the consumption of such. Finally, through the criterion of the experts, n needs the necessities the power management in the unit study object and a series of directed actions sets out to the direction of the Central UEB Sugar "Uruguay" to elevate the efficiency in the power carrying use of the s in the fábrica ice F.

# Índice

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>7</b>
1.1 LA GESTIÓN ENERGÉTICA .....	9
1.1.1 Surgimiento de la gestión energética .....	10
1.1.2 Situación energética mundial.....	11
1.1.3 La gestión energética en Cuba .....	12
1.1.4 Revolución energética en Cuba .....	13
1.2 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO .....	13
1.2.1 Actividades de un diagnóstico energético .....	15
1.2.2 Tecnología de gestión total eficiente de la energía (TGTEE). .....	16
1.2.3 Identificación de los “puestos claves” de consumo energético .....	16
1.3 EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	18
1.3.1 Conceptos básicos .....	19
1.3.2 Eficiencia energética en la producción de hielo .....	19
1.3.3 Mejoramiento continuo de la eficiencia energética .....	25
1.3.4 Intensidad energética .....	27
1.3.5 Consejo energético.....	28
1.3.6 Programa de ahorro energético .....	29
CONCLUSIONES PARCIALES .....	29
<b>CAPÍTULO II. PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA</b> .....	<b>31</b>
2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA FÁBRICA DE HIELO DE LA UEB CENTRAL AZUCARERO “URUGUAY”, DE JATIBONICO .....	31
2.2 PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO .....	33
2.2.1 Diagnóstico energético .....	34
2.2.2 Identificación de los puestos claves .....	39
2.2.3 Definición de los expertos .....	42
2.2.4 Determinar necesidades de la gestión energética .....	44
2.2.5 Propuesta de acciones de mejora de la eficiencia energética .....	44
CONCLUSIONES PARCIALES .....	45
<b>CAPÍTULO III: IMPLEMENTACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PROPUESTO EN LA FÁBRICA DE HIELO DE LA UEB CENTRAL AZUCARERO “URUGUAY”</b> .....	<b>466</b>
3.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA FÁBRICA DE HIELO DE LA UEB CENTRAL AZUCARERO “URUGUAY” .....	46
3.2 IMPLEMENTACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PROPUESTO EN LA FÁBRICA DE HIELO DE LA UEB CENTRAL AZUCARERO “URUGUAY” .....	47
3.2.1 Diagnóstico energético .....	48
3.2.2 Identificación de los puestos claves de consumo energético .....	53
3.2.3 Análisis de los expertos.....	55
3.2.4 Determinar necesidades de la gestión energética.....	59
3.2.5 Acciones de mejora de la eficiencia energética .....	61
CONCLUSIONES PARCIALES .....	62
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>63</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>64</b>

## **INTRODUCCIÓN**

El ritmo de consumo de los combustibles fósiles es extremadamente mayor que su ritmo de producción, lo que amenaza con el agotamiento en los próximos 40 años, de esto se deriva la necesidad de tomar medidas para alargar su existencia, mientras que se definan, perfeccionen o implanten nuevas tendencias. Cada día, la humanidad está llamada a tomar conciencia de la importancia que tiene el uso racional de los recursos energéticos, y frenar el agotamiento debido a la sobre explotación por falta de planificación y excesivos consumos.

La energía se utiliza a diario y constantemente, pero raramente se piensa en cómo administrarla, no sólo para ahorrar dinero, sino también para ayudar al medio ambiente. Es la propia naturaleza la que más caro pagará todos los derroches energéticos; por lo tanto, resulta prioritario reducir la dependencia existente de las fuentes agotables de energía; para ello hay dos soluciones principales: potenciar el uso de fuentes alternativas renovables, y aprender a usar eficientemente la energía, cuestión en la que todos tienen igual responsabilidad. El ahorro de energía se puede conseguir en cualquiera de las actividades diarias y existen cuantiosos adelantos tecnológicos orientados a este fin, que han obtenido excelentes resultados.

La elevación de los precios de los hidrocarburos en el mercado mundial, unido a las graves consecuencias provocadas por el calentamiento global, ha llevado a muchos países del mundo a implementar medidas de ahorro de energía, y a la búsqueda de alternativas que contribuyan a disminuir los consumos energéticos.

Cuba enfrenta esta problemática con un amplio movimiento que abarca todos los sectores de la sociedad. La Revolución Energética como primera manifestación de un Estado que asume el papel protagónico que le corresponde y está demostrando al mundo cuanto se puede hacer con un uso racional de los recursos energéticos. Para lo cual enfoca su política en el uso eficiente de la

energía, creando distintos grupos de trabajo enmarcados en programas diferentes, extendidos a todo el territorio nacional y por supuesto a la provincia de Sancti Spiritus; donde la evaluación sistemática al sector empresarial de la eficiencia energética, constituye un factor importante a tener en cuenta en el cumplimiento del objeto social de toda organización.

En el sistema de Perfeccionamiento Empresarial, la eficiencia en el uso de los recursos energéticos, forma parte de la competitividad de las empresas, representando mejoras a los recursos económicos, sin afectar la calidad de las producciones y los servicios, por lo que se impone la implementación de sistemas de gestión de la energía que arroje como resultado el uso racional de los portadores energéticos.

Sin embargo, es la gestión energética una de las maneras más difíciles de administrar recursos, fundamentada esta afirmación por la marcada escasez de portadores energéticos, el inevitable agotamiento de las fuentes convencionales de energía y por el efecto contaminante que ocasiona su uso al medio ambiente.

El Sistema de Dirección y Gestión Empresarial Cubano establece las características, las normas técnicas y de actuación, los diferentes procedimientos, las facultades delegadas a las empresas y organizaciones superiores de dirección y enmarcamientos que se establecen en las empresas que se encuentran dentro del perfeccionamiento empresarial. Incluir dentro de este sistema procedimientos para la gestión energética, se hace necesario para hacer estas organizaciones competitivas y flexibles, dentro de la crisis mundial existente.

En la estrategia de dirección de la UEB Central Azucarero "Uruguay", se prioriza la gestión energética, con la certeza de que el uso eficiente de los recursos energéticos incide directamente en la rentabilidad y la gestión empresarial. Aunque quedan aspectos importantes por resolver en algunas de sus unidades, principalmente en la Fábrica de hielo, como:

- Sobre cumplimiento de los planes de consumo de energía eléctrica.
- Deficiente conocimiento del personal de los temas de eficiencia energética.

- Altos consumos de lubricantes en la fabricación de hielo.
- Altas penalizaciones por conceptos de bajo factor de potencia.
- Altos consumos de energía eléctrica en la producción de hielo.

Lo señalado anteriormente constituye la **situación problemática** de la presente investigación:

De acuerdo con esta situación se puede plantear como **problema científico**: Deficiencias en la gestión energética, que afectan directamente la eficiencia en el uso de los portadores energéticos en la Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero “Uruguay”.

Para dar solución al problema planteado se traza el siguiente **objetivo general**:

Diseñar e implementar un procedimiento para la gestión energética, que contribuya a elevar la eficiencia en el uso de los portadores energéticos en la Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero “Uruguay”.

El que se divide en los siguientes **objetivos específicos**:

- 1 Realizar el análisis bibliográfico sobre la temática objeto de estudio de la investigación.
- 2 Diseñar el procedimiento para la gestión energética que contribuya a elevar la eficiencia en el uso de los portadores energéticos.
- 3 Implementar el procedimiento para la gestión energética en la Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero “Uruguay”

De este sistema de objetivos y los elementos anteriormente planteados se deriva la siguiente **hipótesis**: Si se diseña e implementa un procedimiento para la gestión energética, se puede contribuir a elevar la eficiencia en el uso de los portadores energéticos en la Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero “Uruguay”.

**Objeto de estudio**: Sistema de gestión energética.

**Campo de acción**: Sistema de gestión energética de la Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero “Uruguay”

**Importancia y viabilidad de investigación:**

La investigación resulta importante para la Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero “Uruguay”, dada la necesidad de mejorar la eficiencia energética en la misma, y las posibilidades que brinda a los directivos en cuanto a una herramienta de trabajo que facilite el proceso de toma de decisiones.

La viabilidad de la investigación está basada en que existen los recursos materiales y financieros, las condiciones tecnológicas, el personal calificado y experimentado en el tema, además del interés y motivación de los directivos y trabajadores de la unidad objeto de estudio.

**Significación teórica:**

El estudio, análisis de la bibliografía y el diagnóstico permite diseñar un procedimiento para la gestión energética, que ayuda a elevar la eficiencia en la utilización de los portadores energéticos.

**Significación metodológica:**

Los pasos seguidos en el diseño del procedimiento, así como la fundamentación teórica, constituyen aspectos importantes con el consecuente valor metodológico, integrando diferentes conceptos y herramientas, que permitan mejorar la eficiencia en la gestión energética.

**Significación práctica:**

El desarrollo del procedimiento de gestión energética, facilita la comunicación, la capacitación y el control dentro de la gestión energética, permite de forma práctica una mayor eficiencia en la toma de decisiones, con lo que propicia mejoras continuas en los resultados generales de la unidad.

**Significación social:**

Está dada por la mejora en la gestión energética, que se traduce en una elevada eficiencia en el trabajo, proyectándose hacia un uso racional de los portadores energéticos, de esta manera se contribuye a disminuir el agotamiento de tan valiosos recursos, actuando así en consecuencia con el medio ambiente.

**Población:** Unidades que conforman la UEB Central Azucarero “Uruguay”.

**Muestra:** Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero “Uruguay”.

**Tipo de muestreo utilizado y criterios de selección:**

Para la selección de la muestra se utilizó el muestreo no probabilístico intencional.

**Tipo de investigación:**

**Correlacional:** Al establecer la relación entre el procedimiento para la gestión energética y la eficiencia energética en la unidad objeto de estudio.

**Métodos de investigación:**

- Análisis y síntesis de la información obtenida en la literatura y los documentos de la UEB Central Azucarero “Uruguay” .
- Histórico-lógico para estudiar antecedentes, causas, condiciones históricas en las que surgió el problema.
- Sistémico-estructural para abordar las características y el carácter sistémico de la gestión energética.

**Técnicas de investigación:**

- Observación.
- Revisión de documentos.
- Trabajo en grupo.
- Criterios de expertos

**Tratamiento estadístico de los resultados :**

El análisis estadístico estará en función de procesar la información recogida por los instrumentos aplicados, utilizando para esto el Microsoft Excel.

El presente trabajo se estructura en tres capítulos , como se muestra a continuación:

Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación. En el que se realiza un análisis del estado del arte y la práctica del objeto de estudio, y se establece el marco teórico referencial de la investigación.

Capítulo 2: Diseño y fundamentación del procedimiento para la gestión energética. Se propone el procedimiento a utilizar y se describen las herramientas a aplicar.

Capítulo 3: Análisis de los resultados y discusión.

## **CAPÍTULO I: FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN**

A pesar de que el alto consumo energético actual en Europa y EEUU parezca algo de toda la vida, es relativamente reciente, apenas alcanza 100 años en EEUU y Gran Bretaña y menos aún en el estado español. Este altamente artificial “mundo energético” emergió en el primer tercio del siglo XX tras la adopción casi simultánea de la electricidad, el gas natural y el petróleo. Este consumo ha contribuido a definir nuestras costumbres domésticas, las rutinas de trabajo, las estructuras urbanas, los métodos agrícolas y los equipos electrónicos, entre otros aspectos. Con esto no es que se defienda el accionar del sistema energético sobre el conjunto de la vida social, pero pocas cosas son tan claves como la energía para explicar nuestro modo de vida.

El actual modelo energético, basado prácticamente en los combustibles fósiles, es completamente inviable de aquí a un futuro no muy lejano; es un sistema que acarrea un alto precio ecológico, al ser este consumo uno de los principales causantes del efecto invernadero. Al mismo tiempo, los combustibles fósiles son finitos ya que un día se acabarán y no dan respuesta a las necesidades de cientos de millones de personas, siendo imposible extender este sistema a nivel mundial.

Teniendo presente lo anterior, en el presente capítulo se hará la revisión y análisis de la literatura nacional e internacional para construir el marco teórico-referencial de la investigación. Con esta finalidad se abordarán temáticas relacionadas con la situación energética actual y sus principales manifestaciones, la orientación en el uso de portadores energéticos, las diversas y más usadas maneras para mejorar la eficiencia energética, partiendo de la planificación, el control y la administración de la energía. Todo lo anterior se desarrollará siguiendo el siguiente hilo conductor. (Figura 1.1).

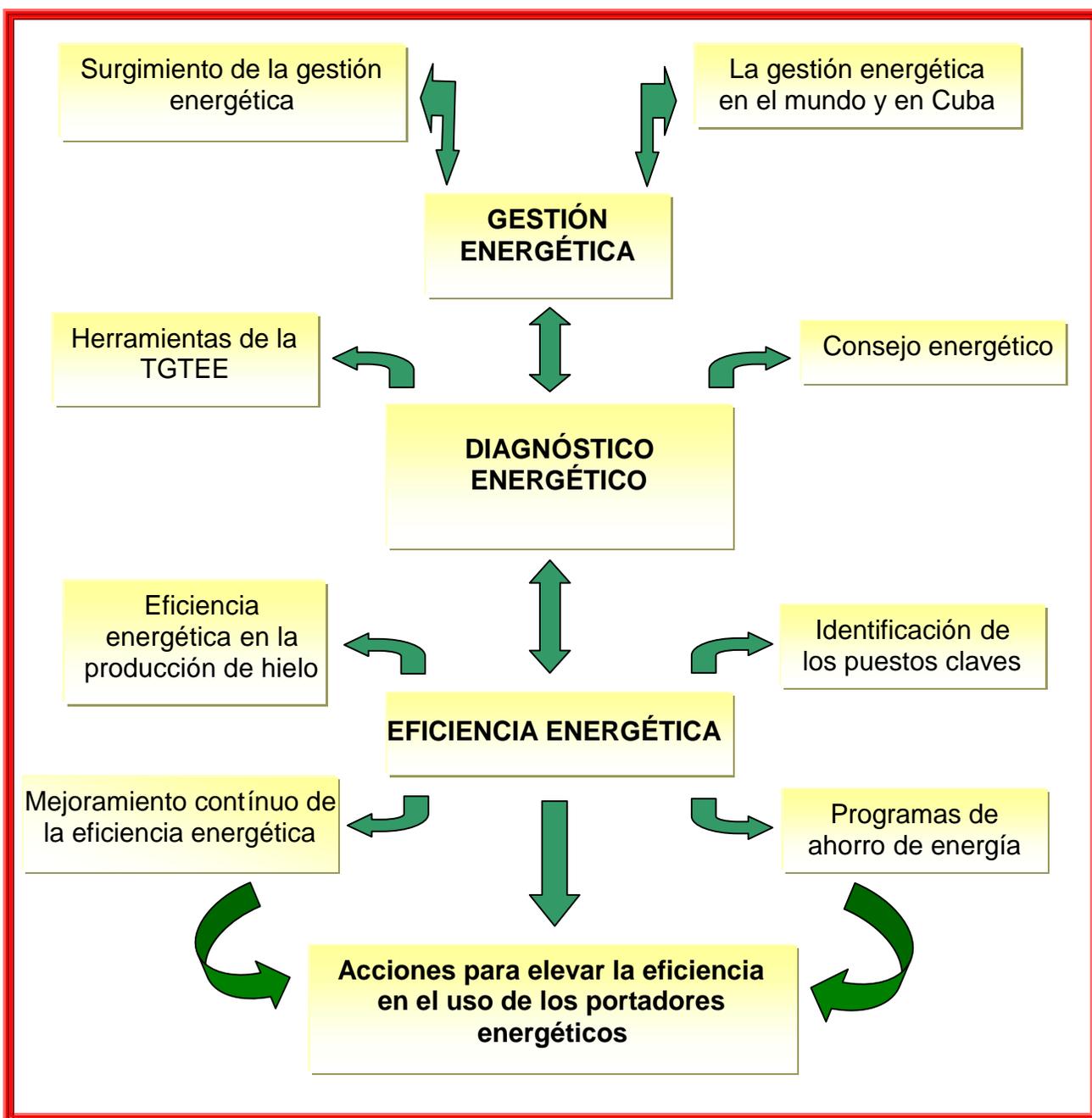


Figura 1.1. Hilo conductor de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

## **1.1 La gestión energética**

La gestión energética o administración de energía, como subsistema de la gestión empresarial, abarca las actividades de administración y aseguramiento de la función gerencial que le confieren a la entidad la aptitud para satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas, a partir de entender la eficiencia energética como el logro de los requisitos establecidos por el cliente con el menor gasto energético posible y la mínima contaminación ambiental por este concepto. (Borroto Nordelo, 2002).

Para orientar adecuadamente la gestión energética se hace necesario utilizar un grupo de conceptos básicos, que facilitarían actualizar la situación inicial de la actividad y la proyección futura, entre estos conceptos se pueden encontrar: (Borroto Nordelo; et al. 2006).

- Diagnóstico energético.
- Comités de energía.
- Programa de ahorro de energía.
- Técnicas de conservación de la energía.

Gestión energética es lograr un uso más racional de la energía, que permita reducir el consumo de la misma sin perjuicios de la comodidad, productividad y calidad de los servicios, sin reducir el nivel de vida. Puede considerarse como el mejor de los caminos para conseguir los objetivos de conservación de la energía y el medio ambiente. (Borroto Nordelo, 2002).

La gestión energética tiene como objetivos principales sacar el mayor aprovechamiento posible a las cantidades de energía que la empresa necesita. Dentro de esta idea general, los objetivos a plantear pueden ser:

- Optimizar la calidad de las energías disponibles.
- Mantener e incluso aumentar la producción reduciendo el consumo de energía. Es necesario demostrar que la producción de los procesos y servicios pueden mantenerse a pesar de reducir el consumo y costo de la energía.

- Conseguir, de modo inmediato, los ahorros que no requieran inversión apreciable, así como demostrar que existen importantes posibilidades de ahorro energético.
- Lograr los ahorros posibles con inversiones rentables, y a su vez demostrar que se pueden acometer importantes mejoras, que se paguen con el ahorro que ellas generan. (Borroto Nordelo, 2002).

Para lograr una buena gestión energética es necesario cumplimentar los tres procesos básicos de la misma:

- Planificación según las necesidades mínimas de recursos energéticos que necesitamos.
- Control del consumo de dichos recursos.
- Lograr una mejora constante y completa en función de la gestión energética.

Pero algo muy fundamental que se debe tener en cuenta en la búsqueda constante de mejoras, es lograr cumplimentar una filosofía sobre bases sólidas de dirección, que impliquen cambios monumentales en la cultura empresarial, en el cual son importante los métodos estadísticos; ellos por sí solos no garantizan el éxito de un programa de mejoras, tal filosofía exige una perspectiva de largo plazo, positiva y dentro de una certera administración para el éxito, no para el fracaso. El impacto de los costos energéticos sobre los costos totales de producción depende en su totalidad de las características de cada empresa, pero aún en organizaciones donde estos no representan altos porcentajes de su estructura de gastos, es importante una eficiente administración energética. (Borroto Nordelo, 2002).

### **1.1.1 Surgimiento de la gestión energética**

El manejo de la energía y la eficiencia energética ha sido importante desde hace muchos años.

- Máquina de vapor de Watt.

➤ Segunda guerra mundial y posguerra .

La gestión energética como disciplina independiente surge luego de la primera crisis del petróleo en 1973, y toma fuerza después de la segunda crisis en 1979, cuando los precios de la energía se elevan dramáticamente . (Borroto Nordelo, 2002).

La gestión empresarial incluye todas las actividades de la función gerencial que determinan la política, los objetivos y las responsabilidades de la organización; actividades que se ponen en práctica a través de: la planificación, el control, el aseguramiento y el mejoramiento del sistema de la organización. (Borroto Nordelo, 2002).

**1.1.2 Situación energética mundial**

El consumo de energía en el mundo se incrementará en un 57% entre 2004 y 2030, a pesar de que se espera que el aumento de precios tanto del petróleo como del gas natural siga en aumento. Se prevé que el consumo de energía en el mercado experimente un incremento medio de un 2,5% por año hasta 2030. Las tendencias indican que el consumo de energía por sector puede estar sometido al ritmo de desarrollo económico por región. A nivel mundial, los sectores industrial y de transporte son los que experimentarán un crecimiento más rápido, del 2,1% por año, en ambos sectores. Crecimientos más lentos se producirán en el ámbito residencial y comercial, con un promedio anual de 1,5 y 1,9% entre 2002 y 2025. Se prevé un aumento en el uso de todas las fuentes de energía para el período 2004-2030. Los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón), serán los más utilizados en todo el mundo, básicamente por su importancia en el transporte y en el sector industrial. Para el resto, energía nuclear y energías renovables, también se espera que experimenten un aumento durante el mismo período, aunque mucho más suave. (Informes elaborados por la Energy Information Administration, del Gobierno de Estados Unidos, 2007).

El consumo de petróleo en el mundo se espera que aumente de 83 millones de barriles/día en 2004 a 97 millones de barriles/día en 2015 y 118 millones en 2030. Se perfila que el gas natural será el recurso energético favorito y será el que

experimente mayor aumento en el consumo, debido especialmente a su uso en la industria, que asume casi la mitad del gasto de gas (44%) en el mundo. Esta elección se debe a que presenta una reducción en emisiones gaseosas (en comparación con el fuel). Se prevé un incremento promedio de 2,3% por año de 2002 a 2025. La demanda de electricidad, de acuerdo con las últimas previsiones realizadas en 2007, crecerá fuertemente entre 2004 y 2030. La producción a escala mundial crecerá un 2,4% anual en este período, de los 16,424 billones de kWh a los 30,364 billones. La mayor parte de este crecimiento, se debe a las necesidades de las economías emergentes. En cuanto a las fuentes de producción de electricidad, se espera que el carbón sea la principal materia prima utilizada, incluso en el 2030, a pesar del crecimiento del gas natural. La generación de electricidad a partir del petróleo crecerá a un ritmo menor debido al incremento de precios del crudo, mientras que en las economías menos desarrolladas llegará incluso a descender a un ritmo del 0,3% anual. Según la propia fuente, la emisión de CO<sub>2</sub> para el período estudiado, está previsto que aumente de 26,9 billones de toneladas en el 2004 a 33,9 en el 2015 y 42,93 en el 2030. (Informes elaborados por la Energy Information Administration, del Gobierno de Estados Unidos, 2007).

### **1.1.3 La gestión energética en Cuba**

La crisis en el suministro energético a la economía nacional ha repercutido en mayor o menor grado en todos los sectores de la actividad económica. En virtud de las prioridades asignadas a las empresas exportadoras y a los servicios sociales básicos en cuanto al suministro energético, el impacto sobre el resto de las empresas fue severo. Esta situación ha obligado a la dirección del país a tomar diversas medidas y poner en práctica programas para enfrentar esta crisis, cuyo alcance ha sido global y sectorial. (Rodríguez Castellón, 2002).

La gestión energética está encaminada a mejorar el control de los recursos energéticos así como hacer un uso racional y eficiente de los mismos y garantizar un mejoramiento continuo de la eficiencia y la competitividad de la empresa. (Rodríguez Castellón, 2002).

En Cuba se han dado pasos importantes para lograr mejoras sustanciales en la gestión energética empresarial.

#### **1.1.4 Revolución energética en Cuba**

Las serias dificultades enfrentadas por el Sistema Electroenergético Nacional (SEN) en el 2004 y 2005, producto de la baja disponibilidad de la generación, provocaron una gran cantidad de interrupciones, junto al incremento de las afectaciones de los huracanes y al crecimiento sostenido de los precios de los combustibles fósiles. Debido a esto, se hizo necesaria la puesta en práctica de nuevas concepciones que conformaron los Programas de la Revolución Energética, bajo la premisa de la reducción del consumo de combustible y el incremento de la generación con tecnologías más eficientes. (Departamento de Uso Racional de la Energía, 2010).

La concepción de los Programas de la Revolución Energética fijaba que el financiamiento del mismo debía estar basado en el ahorro energético que se generaría a partir del incremento de la eficiencia de las nuevas inversiones, así como la disminución del consumo de portadores energéticos en el sector residencial y estatal. (Departamento de Uso Racional de la Energía, 2010).

Se instalaron 9 476 nuevos grupos de emergencia en consumidores claves con una potencia instalada de 980,6 MW, de ellos 163 con posibilidades de sincronizar al SEN con una potencia de 60,4 MW. (Departamento de Uso Racional de la Energía, 2010).

También se instalaron en más de 1 millón 200 mil viviendas cubanas, *breakers* en sustitución de cataos obsoletos. Los primeros resultados ya se aprecian en aquellas zonas rehabilitadas, que posibilitan brindar un servicio eléctrico de mayor calidad a los consumidores. (Departamento de Uso Racional de la Energía, 2010).

#### **1.2 Diagnóstico energético**

Para comprender la importancia del diagnóstico energético como paso previo al programa de ahorro, y los tipos de diagnósticos, según sus objetivos y profundidad, el diagnóstico energético se conceptualiza como la aplicación de un

conjunto de técnicas que permiten determinar el grado de eficiencia con que es utilizada la energía. Consiste en el estudio de todas las formas y fuentes de energía, por medio de un análisis crítico en una instalación consumidora de energía, con el objetivo de establecer el punto de partida para la implementación y control de un programa de ahorro de energía, ya que se determina dónde y cómo es utilizada ésta, además de especificar cuánta es desperdiciada. Los objetivos del diagnóstico energético son establecer metas de ahorro de energía, diseñar y aplicar un sistema integral para dicho ahorro de energía, evaluar técnica y económicamente las medidas de conservación y ahorro de energía, y disminuir el consumo de energía sin afectar los niveles de producción. (Diagnóstico Energético, 2006).

El diagnóstico energético se clasifica en:

- **Diagnóstico de primer grado:** Mediante los diagnósticos energéticos de primer grado se detectan medidas de ahorro cuya aplicación es inmediata y con inversiones marginales. Consiste en la inspección visual del estado de conservación de las instalaciones, el análisis de los registros de operación y mantenimiento que rutinariamente se llevan en cada instalación, así como el análisis de la información estadística de consumos y gastos por concepto de energía eléctrica y combustibles. (Diagnóstico Energético, 2006).
- **Diagnóstico de segundo grado:** Este diagnóstico requiere de un análisis detallado de los registros históricos de las condiciones de operación de los equipos, lo que incluye la información sobre volúmenes manejados o procesados y los consumos específicos de energía. La información obtenida directamente en la operación se compara con la de diseño, para obtener las variaciones de eficiencia. (Diagnóstico Energético, 2006).
- **Diagnóstico de tercer grado:** El diagnóstico de tercer grado consiste en un análisis exhaustivo de las condiciones de operación y las bases de diseño de una instalación, mediante el uso de equipos especializados de medición y control. Debe realizarse con la participación de especialistas de cada área, auxiliados por el personal de ingeniería. En estos diagnósticos es común el uso

de técnicas de simulación de procesos, con la finalidad de estudiar diferentes esquemas de interrelación de equipos y procesos. Además, facilitan la evaluación de los efectos de cambios de condiciones de operación y de modificaciones del consumo específico de energía, por lo que se requiere información completa de los flujos de materiales, combustibles, energía eléctrica, así como de las variables de presión, temperatura y las propiedades de las diferentes sustancias o corrientes. (Diagnóstico Energético , 2006).

Las recomendaciones derivadas de estos diagnósticos generalmente son de aplicación a mediano plazo e implican modificaciones a los equipos y procesos, e incluso de las tecnologías utilizadas. Debido a que las inversiones de estos diagnósticos son altas, la evaluación económica debe ser rigurosa en cuanto al período de recuperación de la inversión. (Diagnóstico Energético, 2006).

### **1.2.1 Actividades de un diagnóstico energético**

Un diagnóstico o auditoria comprende las siguientes actividades:

1. Reunión inicial en la empresa.
2. Integración del grupo de trabajo.
3. Determinación de la información necesaria para el diagnóstico.
4. Selección de unidades, áreas y equipos a diagnosticar.
5. Planeación de los recursos y el tiempo.
6. Revisión metrológica en los lugares claves a diagnosticar.
7. Recopilación de información.
8. Elaboración de un plan de mediciones.
9. Mediciones en campo, recopilación y filtrado de datos.
10. Procesamiento de datos y análisis de los resultados.
11. Determinación de posibles medidas de ahorro.
12. Estimación del potencial de ahorro energético y económico.

13. Definición de medidas de ahorro y proyectos de mejora de la eficiencia energética.

14. Elaboración y presentación del informe final del diagnóstico. (Borroto Nordelo, 2002).

### **1.2.2 Tecnología de gestión total eficiente de la energía (TGTEE).**

La TGTEE consiste en un paquete de procedimientos técnico – organizativos y software especializado, que aplicado de forma continua y con la filosofía de la gestión total de la calidad; permite establecer nuevos hábitos de dirección, control, diagnóstico y uso de la energía, dirigidos al aprovechamiento de todas las oportunidades de ahorro, conservación y reducción de los costos energéticos en una empresa. (Colectivo de Autores, 2001).

El objetivo de La TGTEE no es sólo diagnosticar y dejar un programa, sino elevar las capacidades de la empresa para ser autosuficiente en la gestión por la reducción de sus costos energéticos. Esta tecnología añade el estudio socio ambiental, la gestión del mantenimiento, además instala en la empresa procedimientos, herramientas y capacidades para su uso continuo y se compromete con su consolidación. (Colectivo de Autores, 2001).

La TGTEE incluye:

- Capacitación al Consejo de Dirección y a especialistas en el uso de la energía.
- Establecimiento de un nuevo sistema de monitoreo, evaluación y control del manejo de la energía.
- Identificación de las oportunidades de conservación y uso eficiente de la energía en la empresa. (Colectivo de Autores, 2001).

### **1.2.3 Identificación de los “puestos claves” de consumo energético**

Un monitoreo y control energético efectivo en una empresa o entidad de servicio, requiere de la utilización de un conjunto de indicadores, y no solo a nivel de empresa, sino estratificados hasta el nivel de las áreas y equipos mayores consumidores “puestos claves” (Borroto Nordelo, 2002).

Estos constituyen la espina dorsal para la atención, conducción, dirección y control del ahorro y la eficiencia energética de la empresa. Es una técnica de dirección que favorece:

- Descubrir las reservas potenciales de ahorro.
- Promover la iniciativa creadora e innovadora en cada puesto de trabajo, en especial los puestos claves.
- El aporte de soluciones donde más se necesita.
- La activa participación del colectivo laboral.

(Auditorías Energéticas y Cogeneración, 1997 )

**Beneficio principal:** Contar con un sistema más eficaz y útil, que rompe esquemas y la rutina existente, que define aspectos fundamentales para el ahorro y la eficiencia en la entidad. Ellos son:

- Implementa un método de dirección, gestión y control más eficaz en el ahorro de energía, con la activa participación de todos los trabajadores.
- Incorpora un estilo de trabajo participativo, basado en la cultura del detalle, menor burocracia y mayor inmediatez en las acciones.
- Los portadores energéticos que consume, su orden de prioridad y la incidencia de cada uno.
- Los puestos claves de la entidad de mayor incidencia en el ahorro y la eficiencia energética.
- Los índices físicos de consumo más necesarios para evaluar y controlar integralmente los resultados concretos en el ahorro y la eficiencia energética de forma sistemática.
- Los trabajadores, operarios y jefes intermedios que más inciden en la eficiencia energética y el ahorro de la empresa.

(Forum de Ciencia y Técnica, 2007).

### **1.3 Eficiencia energética**

Eficiencia energética implica lograr un nivel de producción o servicios, con los requisitos establecidos por el cliente, con el menor gasto energético posible y la menor contaminación ambiental por este concepto. (Eficiencia Energética, 2001)

La eficiencia energética se puede definir como la reducción del consumo de energía con los mismos servicios energéticos, sin disminuir nuestro confort y calidad de vida, con la protección del medio ambiente, el aseguramiento del abastecimiento y el fomento un comportamiento sostenible en su uso. (Eficiencia Energética, 2001)

Para conocer la eficiencia energética de equipos, procesos o servicios, se utilizan indicadores de eficiencia o consumos específicos. Un indicador de eficiencia energética es la relación entre una cantidad de energía, de producto, servicio o valor y la energía consumida para proveerlo. Un indicador de consumo específico de energía es el inverso de lo anterior, es decir el consumo de energía por cada unidad de producto, proceso o valor. Estos permiten realizar comparaciones con otras alternativas o ver la evolución en el tiempo. (Eficiencia Energética, 2001)

La eficiencia energética, entendida como la eficiencia en la producción, distribución y uso de la energía necesaria para garantizar la calidad total, es parte del conjunto de problemas que afectan la competitividad de las empresas o instituciones. La eficiencia energética implica lograr los requisitos establecidos por el cliente con el menor gasto energético posible y la menor contaminación ambiental por este concepto. (Eficiencia Energética, 2001).

Entre los principales problemas que afectan la eficiencia energética y el ahorro, se encuentran: Insuficiente análisis de los índices de eficiencia energética.

- Desconocimiento de la incidencia de cada portador energético en el consumo total.
- Falta de identificación de los índices físicos y su ordenamiento por prioridad.
- Falta de identificación de los trabajadores que más inciden en el ahorro y eficiencia energética.
- La insuficiente divulgación de las mejores experiencias.

- La falta de información en los sistemas estadísticos.
- La falta de apreciación de la eficiencia energética como una fuente de energía importante.

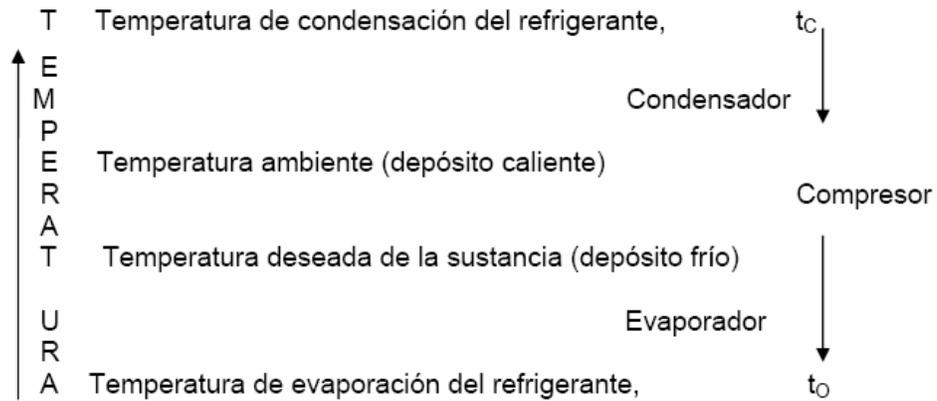
(Eficiencia Energética, 2001).

### **1.3.1 Conceptos básicos**

Lo más importante para lograr la eficiencia energética en una empresa no es sólo que exista un plan de ahorro de energía, sino contar con un sistema de gestión energética que garantice el mejoramiento continuo. Es más importante un sistema continuo de identificación de oportunidades que la detección de una oportunidad aislada. Para el éxito de un programa de ahorro de energía resulta imprescindible el compromiso de la alta dirección de la empresa con ese propósito. Debe controlarse el costo de las funciones o servicios energéticos y no el costo de la energía primaria. El costo de las funciones o servicios energéticos debe controlarse como parte del costo del producto o servicio. También se deben concentrar los esfuerzos en el control de las principales funciones energéticas, organizar el programa orientado al logro de resultados y metas concretas, y realizar el mayor esfuerzo dentro del programa a la instalación de equipos de medición. (Borroto Nordelo, 2006).

### **1.3.2 Eficiencia energética en la producción de hielo**

La refrigeración es la ciencia de lograr un flujo del calor desde un punto de baja a otro de alta temperatura. Un sistema de refrigeración extrae calor de la sustancia que es refrigerada (depósito frío) y lo rechaza al ambiente, a una temperatura más alta (depósito caliente) según se indica en la figura 1.2. (Leiva Moscoso, 2010).



**Figura 1.2. Diagramas de temperaturas y flujo de calor para sistemas de refrigeración.**

Esto es análogo al bombeo del agua a un tanque de almacenaje elevado. El consumo de energía de un refrigerador es directamente proporcional al índice de la extracción del calor (cantidad de agua bombeada) y a la elevación de la temperatura a través de la cual se rechaza el calor (la altura a la cual se bombea el agua). (Leiva Moscoso, 2010).

El rendimiento energético de un sistema de refrigeración se expresa generalmente como un coeficiente de funcionamiento (COP), que es el cociente de la tarifa de extracción del calor al índice del uso de la energía. El COP de un refrigerador disminuye a medida que disminuye también la temperatura de refrigeración, por lo tanto, no es económicamente viable refrigerar a una temperatura menor que la temperatura deseada. (Leiva Moscoso, 2010).

Para cualquier tipo de sistema de refrigeración que se esté utilizando, es fundamental reducir al mínimo las ganancias de calor y mantener la diferencia entre  $T_c$  (temperatura de condensación) y  $T_o$  (temperatura de evaporación) tan pequeña como sea posible. La reducción al mínimo de las ganancias de calor se logra aislando el cuarto refrigerado y las partes de baja temperatura del sistema de refrigeración, reduciendo al mínimo la infiltración del aire ambiente (hermeticidad y aperturas de la puerta) y la

reducción del consumo de energía en las aplicaciones de la refrigeración (los ventiladores). A esta reducción de  $(T_c - T_o)$  contribuye también el adecuado funcionamiento de los intercambiadores de calor (condensador y evaporador) y la reducción al mínimo de las caídas de presión del refrigerante en las tuberías de succión y descarga. (Leiva Moscoso, 2010).

### **Influencia de los componentes del sistema en la eficiencia energética.**

#### Refrigerante

Muy pocas sustancias tienen características apropiadas para un refrigerante y, de estos, poco han pasado la prueba del tiempo y continúan siendo utilizados como refrigerantes. No hay ningún refrigerante ideal. La selección de un refrigerante es un compromiso entre muchos factores incluyendo la facilidad de la fabricación, costo, toxicidad, inflamabilidad, consecuencias para el medio ambiente, el impacto corrosivo y las características termodinámicas, así como el rendimiento energético. Una característica dominante es la relación de presión - temperatura. En general, el rendimiento energético es deseable por el punto crítico del refrigerante (la temperatura sobre el cual no puede condensar). (Leiva Moscoso, 2010).

Las buenas características del transporte y del traspaso térmico son también importantes para el rendimiento energético pues reducen costos porque permiten que el trabajo de compresión no sea prolongado y el sobrecalentamiento del refrigerante en los evaporadores y el subenfriamiento en los condensadores sea el óptimo. En general, los refrigerantes de peso molecular y viscosidad baja tendrán las mejores características. En las aplicaciones de refrigeración comercial para la producción de hielo predomina en la actualidad el amoníaco. Como fluido frigorífico el amoníaco presenta numerosas ventajas siendo las más importantes: (Leiva Moscoso, 2010).

- I. Posee buenas propiedades termodinámicas, de transferencia de calor y de masa, en particular dentro de las condiciones definidas de servicios y el coeficiente de actuación de máquinas es uno de los mejores.
- II. Es químicamente neutro para los elementos de los circuitos frigoríficos,

salvo para el cobre y sus aleaciones que son materiales ampliamente usados en las instalaciones con fluidos halogenados. Es por eso que no se debe cargar amoníaco en los circuitos con refrigerantes halogenados.

III. El amoníaco no se mezcla con el aceite de lubricación.

El amoníaco es considerado para el futuro como uno de los sustitutos más eficaces de los fluidos reglamentados por el Protocolo del Montreal. De todos los sustitutos actualmente disponibles, el amoníaco es el único refrigerante que no afecta la capa de ozono (ODP=0) y no provoca efecto invernadero, siendo un compuesto a base de átomos de hidrógenos y la molécula no tiene presencia de átomos de cloro o de bromo. En caso de ser vertido en estado líquido se evapora en forma prácticamente instantánea, ya que su temperatura de ebullición a la presión atmosférica es de  $-34^{\circ}\text{C}$  y por ello no hay riesgo de contaminación de aguas subterráneas o de superficie. (Leiva Moscoso, 2010).

### Compresores

Los compresores disminuyen su eficiencia si la elevación de la temperatura es más alta que la necesaria, si existe líquido refrigerante en el vapor de la succión o si el vapor refrigerante en la succión contiene un sobrecalentamiento muy alto. El mantenimiento del compresor, siempre que sea posible, y la preservación de la calidad del lubricante son importantes para mantener el rendimiento energético. Para algunos tipos de compresores (particularmente de tornillo y centrífugo), el rendimiento energético a carga parcial es bajo comparado con a carga total, entonces la operación sostenida a carga parcial debe ser evitada. La tecnología de velocidad variable y los sistemas de control mejorados pueden reducir al mínimo el consumo de la energía y por tanto de los costos. (Leiva Moscoso, 2010).

### Condensador

Para mantener la temperatura de retorno tan baja como sea posible, la transferencia del calor en el condensador debe ser maximizada y la temperatura media de enfriamiento minimizada. Los condensadores

evaporativos son a menudo los más eficientes porque rechazan el calor a la temperatura de bulbo húmedo del aire ambiente. Por ejemplo, el aire húmedo a 25°C y humedad relativa del 60%, tiene una temperatura de bulbo húmedo de 16°C. Sin embargo, requieren mantenimiento cuidadoso y evitar la contaminación por Legionella. (Leiva Moscoso, 2010).

Los condensadores refrigerados por agua combinados con las torres de enfriamiento, también aprovechan la temperatura ambiente de bulbo húmedo, pero hay un incremento adicional de la temperatura para conducir el calor del refrigerante al agua, así que la temperatura de rechazo del calor del refrigerante, es generalmente más alta. El uso del agua puede ser excesivo si no se utiliza torre de enfriamiento. Los condensadores enfriados por aire son generalmente el método menos eficiente pues, rechazan calor a la temperatura de bulbo seco del aire, que es por lo general, perceptiblemente más alta que la temperatura del bulbo húmedo o del agua. Sin embargo, para los sistemas pequeños se utilizan, porque son baratos, simples y requieren comúnmente poco mantenimiento. (Leiva Moscoso, 2010).

Es importante mantener todos los tipos de condensadores limpios y libres de suciedad. Los condensadores que rechazan calor a la atmósfera necesitan mucho aire fresco y se deben proteger contra cualquier tendencia a que el aire recicle de nuevo a la entrada del condensador. Los sistemas que funcionan con la presión de succión del refrigerante menor que la atmosférica (ejemplo: amoníaco a baja temperatura o aire acondicionado con HCFC-123) deben utilizar purgadores de aire para eliminar los gases no condensables del refrigerante. (Leiva Moscoso, 2010).

#### Dispositivos de expansión

Muchos dispositivos de expansión requieren una diferencia significativa de la presión que le permita una operación adecuada. Por tanto, la presión de condensación se mantiene a altos niveles de forma artificial, aún a baja temperatura ambiente. Todo esto se debe a la válvula de expansión termostática convencional, la cual a menudo se selecciona entre otros

dispositivos de expansión por su muy bajo costo. Una solución es utilizar válvulas de expansión controladas electrónicamente. (Leiva Moscoso, 2010).

### Evaporadores

Los evaporadores se deben diseñar para funcionar con la diferencia de temperatura mínima económica de modo que la temperatura del refrigerante para la extracción del calor pueda ser tan alta como sea posible para una temperatura dada de la sustancia a enfriar. El aumento de la temperatura de extracción del calor también reduce el tamaño del compresor requerido. Así como el tamaño del evaporador, aspectos tales como la distribución, circulación y velocidad del refrigerante, el uso de superficies aleteadas, las velocidades del aire (para los enfriadores de aire) pueden afectar perceptiblemente el rendimiento energético. (Leiva Moscoso, 2010).

### La interconexión

La eficiencia puede afectarse si se instalan tuberías de conexión entre los equipos principales de tamaño incorrecto o se disponen de maneras que causan caídas de presión innecesarias y velocidad del fluido inadecuada. (Leiva Moscoso, 2010).

### La importancia de los controles

Los componentes bien diseñados no funcionarán eficientemente a menos que se controlen correctamente. El rendimiento energético no ha sido siempre la primera consideración al seleccionar controles eficaces. Si es posible, las opciones siguientes del control se deben evitar para maximizar el rendimiento energético:

- La interconexión de la descarga con la succión de los compresores;
- válvulas de paso entre los evaporadores y los compresores;
- control del evaporador por cierre del suministro de refrigerante;
- los controles de presión en el cabezal del condensador solo cuando sean necesarios.

(Leiva Moscoso, 2010).

### **1.3.3 Mejoramiento continuo de la eficiencia energética**

La intensidad energética del sector de servicios está aumentando. En los países en desarrollo, la principal fuente de energía utilizada en el sector de servicios (administración pública, comercio y otras actividades de servicio) es la electricidad. La cantidad de electricidad requerida para generar una unidad de valor agregado (la intensidad eléctrica) está aumentando en la mayoría de las regiones, especialmente en las regiones menos industrializadas, en las cuales el sector de servicios se está expandiendo rápidamente. (Althuler; et al. 2004).

El problema de la eficiencia energética en el uso de las transformaciones de la energía es, actualmente, uno de los más importantes para la independencia energética de cada país y para lograr un desarrollo sostenible. Los hábitos y las tecnologías de consumo determinan la cantidad de energía que se va a utilizar y los efectos secundarios que estos causan; por ello el uso eficiente de la energía se ha convertido en una necesidad a la par que una disciplina de trabajo. (Althuler; et al. 2004).

Uno de los aspectos importantes a tener en consideración es la determinación de las potencialidades y medidas más comunes de incrementos de la eficiencia energética evaluados a partir de los diagnósticos energéticos que se realicen. Pueden aplicarse medidas de ahorro con gran efectividad, dentro de las que se destacan:

#### **Factor de potencia.**

- Prevenir el bajo factor de potencia mediante la selección y operación correcta de equipos.
- Compensar la potencia reactiva y corregir el factor de potencia usando: motores sincrónicos, capacitores sincrónicos (muy costosos), capacitores de potencia (bajo costo, fácil instalación, muy poco mantenimiento, más usados).
- Conectar los capacitores de carga cerca de la carga que van a compensar.
- Sustitución de motores sobredimensionados.

(Campos Avella; et al. 1999).

### **Reducción de la demanda máxima de electricidad.**

- Determinar las áreas que son factibles de controlar para reducir las cargas por demanda máxima.
- Valorar alternativas o estudios de costo - beneficio para implantar la autogeneración y cogeneración.
- Efectuar acomodos de cargas almacenando productos de los altos consumidores de energía en horario no pico para poder disponerlos en horario pico. Ej. bombas, hornos, compresores, etc.

(Campos Avella; et al. 1999).

### **Sistemas de producción de frío.**

- Verificar el estado técnico del espesor óptimo de aislamiento en los recintos frigoríficos y conductos.
- Mayor superficie común entre cámaras (si son más de una).
- Uso de antecámaras acondicionadas (reducir entrada de calor y humedad exterior).

(Campos Avella; et al. 1999).

El ahorro de energía, si bien no representa una fuente de energía en sí, se acostumbra a considerarla como tal, ya que ofrece la posibilidad de satisfacer más servicios energéticos, lo que es equivalente a disponer de más energía. El incremento de la eficiencia energética tiene un beneficio ambiental inmediato y directo, ya que implica una reducción en el uso de recursos naturales y en la emisión de contaminantes, incluido el CO<sub>2</sub>. Sin lugar a dudas, la energía más limpia es la energía ahorrada. (Campos Avella ; et al. 1999).

### **Mejoramiento de los indicadores de eficiencia energética.**

Al establecer criterios o metas de producción, es práctica común plantearse cumplimientos de los indicadores económicos, lo que implica que todo lo que concierne dentro de indicadores es correcto, mientras que los que están fuera de ellos son incorrectos. Encerrarse en estos solamente es absurdo, porque la reducción continua de las variables que inciden en estos

indicadores posibilita una disminución de los costos; los principios de reacción en cadena plantean que una reducción continua de errores es mejoramiento continuo, significa costos cada vez más bajos, disminución del desperdicio de materiales y recursos energéticos y financieros, de tiempo en esfuerzo humano y lógicamente provoca que la productividad aumente. (Leiva Moscoso, 2010).

Por lo tanto un proceso de mejoramiento energético, es encontrar las causas de obtener un producto o prestar un servicio ineficiente energéticamente y eliminarlo de forma tal, que el problema no se repita nunca más, proponiendo soluciones para contrarrestar la deficiencia o alto consumo de portadores energéticos. (Leiva Moscoso, 2010).

Es llamado esto “causas y raíces” por lo que resulta necesario comprender plenamente el proceso tecnológico, así como los recursos materiales, energéticos y financieros con que se cuenta, los requerimientos y resultados alcanzados. (Crosby, 1979)

#### **1.3.4 Intensidad energética**

Con el objeto de poder cuantificar, o al menos hacerse una idea aproximada de la evolución de la eficiencia energética, se suele emplear un indicador: intensidad energética. Este se define típicamente como el consumo de energía, primaria o secundaria, por unidad de producto interno bruto (PIB). (Consideraciones sobre el ahorro y la eficiencia energética, 2006)

Los indicadores globales usados frecuentemente para reflejar las tendencias del uso de la energía son: la intensidad energética, que relaciona el consumo de energía a una variable macroeconómica; el consumo energético específico, que relaciona el consumo energético a un indicador de actividad medida en términos físicos; y finalmente, los indicadores de ahorro energético que permiten reflejar, en términos absolutos, magnitudes de energía ahorrada. (Consideraciones sobre el ahorro y la eficiencia energética, 2006)

En algunos países que poseen recursos petroleros abundantes se utilizan fundamentalmente para dar seguimiento a los cambios en la eficiencia con que estos, o ramas de la economía usan la energía. (Intensidad Energética, Estadísticas sectoriales, 2004 - 2006).

Esta se define como la relación entre el consumo de energía en toneladas equivalentes de petróleo e indicadores de la actividad económica, normalmente el producto interno bruto o el valor agregado de la rama de actividad. Para una empresa, la intensidad energética sería la relación entre el consumo total de energía primaria y la producción mercantil expresada en valores. (Intensidad Energética, Estadísticas sectoriales, 2004 - 2006)

### **1.3.5 Consejo energético**

El consejo energético es un órgano asesor y consultivo de la administración que se constituye para examinar, evaluar y controlar el sistema de gestión energética, como parte de la estrategia de dirección en el sistema empresarial cubano, amparándose en el artículo 149 del Decreto No. 281 del Consejo de Ministros. (Forum de Ciencia y Técnica, 2007).

El consejo energético está integrado por todos los operarios y trabajadores que laboran en los puestos claves y aquellos que más inciden en la eficiencia y ahorro por el contenido de su responsabilidad laboral, los jefes intermedios que dirigen en sus puestos, los designados por la administración, las organizaciones sociales y de masas invitadas. Su funcionamiento favorece la participación más activa y masiva de los trabajadores en la atención diferenciada y la conducción del tema en cada entidad. (Forum de Ciencia y Técnica, 2007).

#### **Funciones principales del consejo energético:**

- Aprueba la estrategia energética a desarrollar por la organización (gestión energética).
- Aprueba la estructura y organización a adoptar en cada momento.
- Chequea las medidas para la elaboración del plan anual y su control

periódico.

- Aprueba los indicadores de gestión para medir la eficiencia energética de la empresa.
- Chequea mensualmente el comportamiento del consumo de portadores energético y los índices de consumos determinados.
- Aprueba las medidas para la aplicación y generalización de los logros de la ciencia, la técnica y la innovación.
- Decide los métodos y estilos de dirección que se emplean en la gestión energética.
- Propone la creación de los grupos de expertos para realizar los estudios sobre la gestión energética que se determinen, según las necesidades para lograr un uso eficiente de los portadores energéticos.

(Forum de Ciencia y Técnica, 2007).

### **1.3.6 Programa de ahorro energético**

El ahorro de cualquier forma de energía y su uso racional inevitablemente presupone la aplicación y control de un programa confeccionado para ese fin, pero dicho programa no se elabora de forma empírica, sino a partir de métodos o procedimientos técnicamente fundamentados, es decir, que debe estar sustentado por los diagnósticos energéticos que permiten identificar en cada lugar que se apliquen (industria, unidad básica, centro de servicio, etc.) la eficiencia y la responsabilidad con que es utilizada la energía, de cualquier tipo (eléctrica, térmica, etc.). Para este propósito se aporta un conjunto de elementos que permiten realizar y evaluar el diagnóstico energético. (Diagnóstico Energético, 2006).

### **Conclusiones parciales**

1. La literatura consultada permite dar al trabajo un basamento teórico para lograr los objetivos propuestos.
2. La temática de la investigación se puede considerar importante por la vigencia que tiene la conservación de la energía en el mundo empresarial, al

considerarse el uso de los portadores energéticos decisivo para el desarrollo de la humanidad y su propia existencia.

## **CAPÍTULO II. PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA**

En el presente capítulo se propone un procedimiento para la gestión energética, que contribuya a elevar la eficiencia en el uso de los portadores energéticos. En el diagnóstico se determinan de las causas y condiciones que dieron origen al problema planteado, mediante la aplicación de herramientas de la TGTEE, y se identifican los puestos claves de consumo energético, para conocer los equipos más importantes en el consumo de energía en la Fábrica. También se emplea el método de expertos para establecer las prioridades en que se debe enfocar la gestión energética. Todo con el fin de proponer a la dirección un conjunto de acciones encaminadas a elevar la eficiencia en el uso de los portadores energéticos.

### **2.1 Caracterización de la Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero “Uruguay”, de Jatibonico**

La Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero “Uruguay”, perteneciente a la Empresa Azucarera Sancti Spiritus, se encuentra situada al sureste de la provincia Sancti Spiritus, en el municipio de Jatibonico (Anexo 1 y 2); el mismo limita al norte con el municipio de Florencia, al sur con el CAI Arrocero Sur del Jíbaro, al oeste con el municipio de Sancti Spiritus y al este con el municipio de Majagua.

Sus **valores compartidos** son:

- Personal dedicado al trabajo
- Tradiciones productivas
- Espíritu de sacrificio.
- Sentido de pertenencia.
- Interés por nuevas tecnologías.
- Compañerismo y solidaridad.
- Ansias de superación en todos los sentidos.
- Tradición histórica.
- Patriotismo de los cubanos.

Los **rasgos de la cultura organizacional** son:

- Identidad.
- Estructura.
- Apoyo.
- Autonomía individual.
- Participación en la toma de decisiones.
- Tolerancia al conflicto.

Se establecen como **principios**:

- Atención al hombre.
- La producción de azúcar crudo tiene la prioridad máxima en tanto la misma tiene la garantía en la recuperación de la producción cañera y sus derivados.
- Cumplir con la palabra empeñada por encima de todo.
- La calidad forma parte en nuestra ética de producción.

La Fábrica de Hielo es una dependencia de la UEB Central Azucarero “Uruguay”, la cual se escoge como **área de estudio** de la presente investigación, la misma tiene como función: producir hielo para la satisfacción de las necesidades de la Empresa Azucarera Sancti Spiritus en el municipio y sus dependencias, así como de otros clientes que clasifican como terceros, fundamentalmente en período de no zafra.

Entre sus principales clientes se encuentran:

Principales clientes: (Servicios a terceros):

- ANAP.
- MINED.
- MININT.
- MINSAP.
- MICONS.
- PCC Municipal.
- Tranzmec.
- Planta de Asfalto.

- Cultura Municipal.
- Comunidad El Patio.
- Servicios Comunes.
- Transporte Ferroviario.
- Poder Popular Municipal.
- Empresa de Servicios a Trabajadores.
- Empresas de Comercio y Gastronomía.

Principales clientes: (UEB Central Azucarero “Uruguay”):

- CCS.
- CPA.
- UBPC.
- Acopios.
- Comedores.
- Merenderos.
- Banco de Semillas.
- Base de Alzadoras.
- Otras dependencias de la Empresa en el municipio y la provincia.

## **2.2 Propuesta de procedimiento**

El procedimiento propuesto (Figura 2.1) detalla el desglose de los elementos principales de la investigación, ejecutados en la secuencia lógica de realización, para el alcance de los objetivos propuestos, cuya concepción es general y fue empleado en el estudio de caso de la Fábrica de Hielo de la UEB Central Azucarero “Uruguay”.

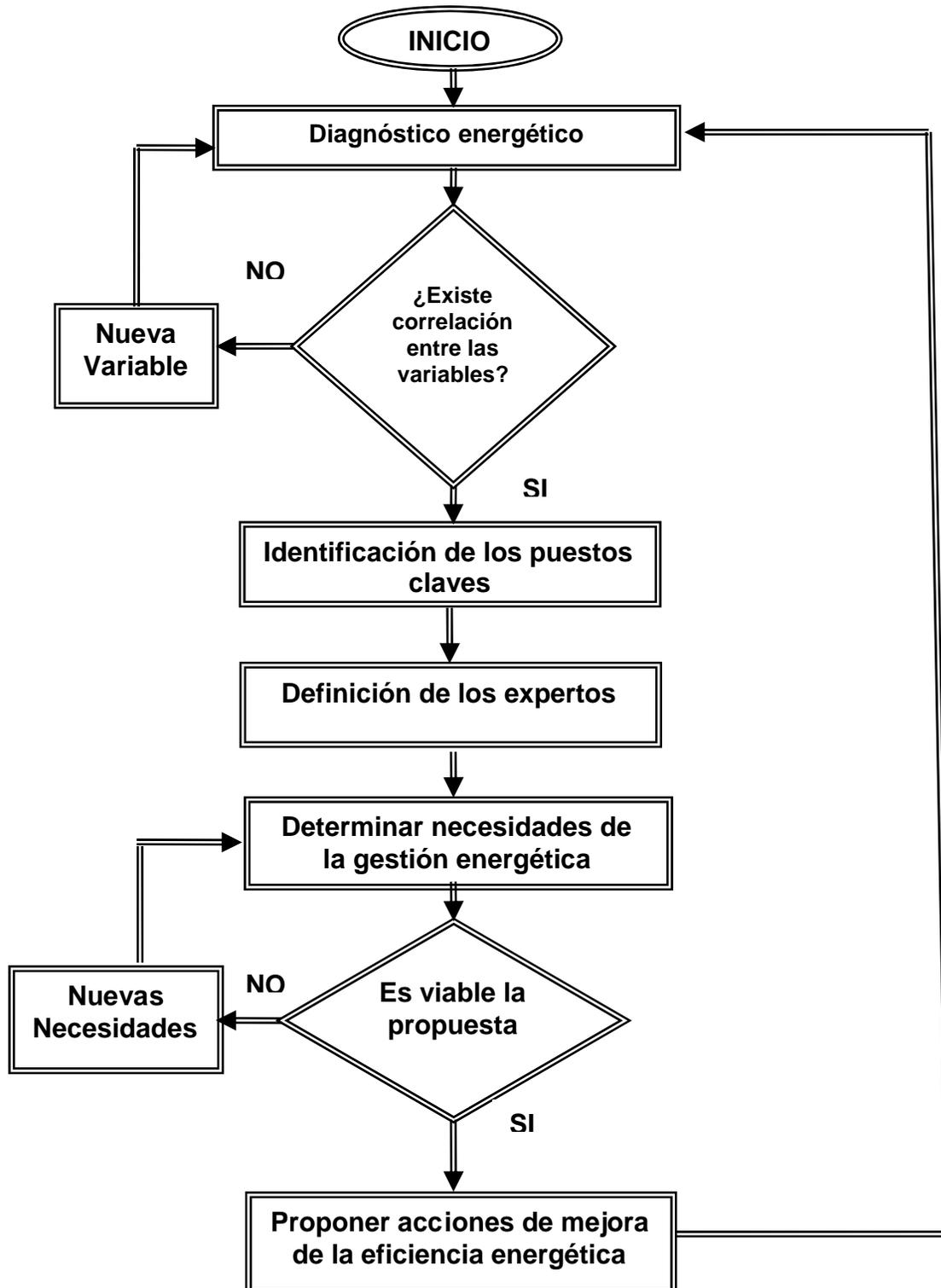


Figura 2.1. Procedimiento propuesto para la gestión energética.  
Fuente: Elaboración propia.

### **2.2.1 Diagnóstico energético**

Para el diagnóstico energético se utilizan herramientas de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE).

La TGTEE consiste en un paquete de procedimientos, herramientas técnico-organizativas y software especializado, que aplicado de forma continua y con la filosofía de la gestión total de la calidad, permite establecer nuevos hábitos de diagnóstico y uso de la energía, dirigidos al aprovechamiento de todas las oportunidades de ahorro, conservación y reducción de los costos energéticos en una empresa. Su 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. (Borroto Nordelo, 2002).

El diagnóstico o auditoría energética constituye una etapa básica dentro de todas las actividades incluidas en la planificación, organización, seguimiento y evaluación de un programa de ahorro y uso eficiente de la energía, el que a su vez constituye la pieza fundamental en un sistema de gestión energética.

Los objetivos del diagnóstico energético son:

1. Evaluar cuantitativa y cualitativamente el consumo de energía.
2. Determinar la eficiencia energética, pérdidas y despilfarros de energía en equipos y procesos.
3. Identificar potenciales de ahorro energético y económico.
4. Establecer indicadores energéticos de control y estrategias de operación y mantenimiento.
5. Definir posibles medidas y proyectos para ahorrar energía y reducir costos energéticos, evaluados técnica y económicamente.

(Borroto Nordelo, 2002).

Para dar una idea lo más exacta posible de la gestión energética se aplica un grupo de herramientas pertenecientes a la TGTEE como son:

- ✓ Diagrama de dispersión y correlación.
- ✓ Diagrama de Pareto.
- ✓ Estratificación.

(Borroto Nordelo, 2002),

### **Diagrama de Pareto**

Los diagramas de Pareto son gráficos especializados de barras que presentan la información en orden descendente, desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades y en por ciento. Los porcentajes agregados de cada barra se conectan por una línea para mostrar la suma incremental de cada categoría respecto al total. El diagrama de Pareto es muy útil para aplicar la Ley de Pareto o Ley 80 – 20, que identifica el 20% de las causas que provocan el 80% de los efectos de cualquier fenómeno estudiado. La utilidad de este diagrama consiste en identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno como pueden ser: los mayores consumidores de energía de la fábrica, las mayores pérdidas energéticas o los mayores costos energéticos, en predecir la efectividad de una mejora al conocer la influencia de la disminución de un efecto al reducir la barra de la causa principal que lo produce y determinar la efectividad de una mejora en comparación con los diagramas de Pareto anterior y posterior a la mejora. (Borroto Nordelo y Monteagudo Yáñez, 2006).

Utilidad del diagrama de Pareto:

- Identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno como pueden ser: los mayores consumidores de energía de la fábrica, las mayores pérdidas energéticas o los mayores costos.
- Predecir la efectividad de una mejora al conocer la influencia de la disminución de un efecto al reducir la barra de la causa principal que lo produce.
- Determinar la efectividad de una mejora entre los diagramas de Pareto anterior y posterior a la mejora.

(Borroto Nordelo y Monteagudo Yáñez, 2006).

¿Cómo preparar un diagrama de Pareto?

1. Seleccionar las categorías de elementos de los datos que van a ser registrados en el diagrama. Por ejemplo: consumos equivalentes de energía por portador, costos de energía por portador, pérdidas de energía por áreas o por equipos, etc.
2. Tabular los datos y calcular los números acumulativos.
3. Dibujar los datos como un gráfico de barras, para establecer las escalas correspondientes en el eje horizontal y vertical. En el eje horizontal se escriben las categorías en orden descendente de su valor. En el eje vertical izquierdo se dibuja la escala del valor de las categorías; en el eje vertical derecho se dibuja la escala del porcentaje del valor de las categorías. Sobre las barras se escribe el valor del porcentaje de cada categoría respecto al total. Sobre el gráfico de barras se dibuja la línea que une los puntos acumulativos de los porcentajes de las categorías seleccionados.
4. Etiquetar el diagrama: es muy importante escribir correctamente el título del gráfico y de cada eje del diagrama. Los títulos deben reflejar la categoría, el período de recogida de datos, y el elemento que influye sobre la categoría. Ej: Consumo de energía equivalente por portador (categoría: consumo de energía, elemento: portador energético).
5. Obtener conclusiones sobre el diagrama.

(Borroto Nordelo y Monteagudo Yáñez, 2006).

Esta herramienta se aplica a la estructura de consumo de portadores energéticos de la empresa y muestra el peso que tiene cada uno de ellos dentro del consumo general, llevadas a toneladas equivalentes de combustibles (TCC), para ello se procede a tabular los datos calculados.

(Borroto Nordelo y Monteagudo Yáñez, 2006).

### **Estratificación**

La estratificación es el método de agrupar datos asociados por puntos o características comunes para pasar de lo general a lo particular. Pueden ser estratificados los gráficos de control, los diagramas de Pareto, los diagramas de dispersión, los histogramas y otras herramientas de descripción de efectos.

(Borroto Nordelo y Monteagudo Yáñez, 2006).

Utilidad de la estratificación:

- Discriminar las causas que provocan el efecto estudiado.
- Conocer el árbol de causas de un problema o efecto.
- Determinar la influencia cuantitativa de las causas particulares sobre las generales y sobre el efecto estudiado.

(Borroto Nordelo y Monteagudo Yáñez, 2006).

### **Gráfico de consumo y producción en el tiempo (E – P vs. T)**

El gráfico de consumo y producción en el tiempo en un gráfico que muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo. (Borroto Nordelo y Monteagudo Yáñez, 2006).

Utilidad de los gráficos E-P vs. T:

- Muestran períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo energético con respecto a la variación de la producción.
- Permiten identificar causas o factores que producen variaciones significativas de los consumos.

(Borroto Nordelo y Monteagudo Yáñez, 2006).

¿Cómo preparar un gráfico de E-P vs. T?

Para la preparación de un gráfico de E-P vs. T primeramente se registran los valores de consumo energético y de producción asociada a los mismos en períodos de tiempos homogéneos (día, mes, año, etc.).

Se grafican en un diagrama  $x$ ,  $y$  la curva de variación en el tiempo de la producción y del consumo. En el caso que la escala de valores de producción y consumo sea muy diferente, será necesario realizar un gráfico de dos ejes del tipo  $x$ ,  $y_1$ ,  $y_2$ .

Como último paso se comparan las tendencias de variación de la producción en cada período, con las tendencias de variación del consumo y se identifican los períodos donde ocurren variaciones anormales.

(Borroto Nordelo y Monteagudo Yáñez, 2006).

### ***Diagrama de dispersión y correlación***

El diagrama de dispersión y correlación es utilizado para mostrar la relación que existe entre el consumo de energía eléctrica y la producción. Su objetivo es mostrar en un gráfico  $x$ ,  $y$  si existe correlación entre estas dos variables, y en caso que exista que carácter tiene esta. Para las empresas industriales y de servicios, realizar un diagrama de dispersión de la energía usada por mes u otro período de tiempo con respecto a la producción realizada o los servicios prestados durante ese mismo período, revela importante información sobre el proceso. Este gráfico de  $E$  vs.  $P$  puede realizarse por tipo de portadores energéticos y por áreas, se considera en cada caso la producción asociada al portador en cuestión. (Borroto Nordelo, 2006).

### ***2.2.2 Identificación de los puestos claves***

Un puesto clave es el equipo específico con alto consumo de energía (electricidad y combustible) y tiene una gran incidencia en el ahorro y la eficiencia energética. Puede ser también un área, un lugar específico o un conjunto reducido de equipos de una línea tecnológica o proceso. No es un cargo laboral ni ocupacional. El consumo de energía para la identificación de los puestos claves es en kWh, tonelada de combustibles o en TCC. Además se determina el porcentaje que representa del total de TCC consumido por el centro. (Forum de Ciencia y Técnica, 2007).

**Pasos para la identificación de los puestos claves en la empresa :**

1. Se determina la estructura de consumo con la identificación de todos los renglones de energía y combustibles que consume el centro, o sea , todos los portadores energéticos. Se toma el consumo real anual de cada portador, respaldado por el registro oficial del centro. No debe tomarse el consumo de un mes ni trimestre, ni otro período, la base tiene que ser anual, del año anterior. (Forum de Ciencia y Técnica, 2007).
2. Medición e identificación de cada equipo. Primero se identifican todos los equipos y medios donde se consume cada renglón energético, se mide el consumo de cada uno con instrumentos de medición; el consumo eléctrico no se debe tomar de los datos de chapa de los motores o el pasaporte técnico, es indispensable la medición en tiempo real por equipos y por áreas; el consumo de combustible es contra consumo real en cada equipo, si esto se viola se pierde el rigor y la efectividad a alcanzar. (Forum de Ciencia y Técnica, 2007).
3. Selección de los puestos claves. Al conocer los consumos reales de cada uno de los equipos, aparatos y áreas, se identifican aquellos que más consumen en cada portador, hasta llegar con ellos a cubrir no menos del 85% del consumo real anual de cada portador. De esos equipos, aparatos y áreas se precisan aquellas que mayor consumo en TCC tienen contra el consumo total de los portadores del centro. Se definen uno a uno hasta sumar no menos del 80% del consumo total de electricidad y combustibles del centro. Los equipos, áreas o líneas tecnológicas que se identifiquen serán los “puestos claves” del centro. Los “puestos claves” serán relacionados en orden de prioridad, según el por ciento de TCC que consuma contra el total de todos los portadores consumidos. Este principio no se debe violar para tener un puesto clave. (Forum de Ciencia y Técnica, 2007).
4. Los trabajadores, operarios y jefes son los que deciden en el ahorro y la eficiencia energética. En dependencia de la responsabilidad de actuar en el área, manipular u operar el equipo y su incidencia en la eficiencia energética se seleccionarán los trabajadores que deciden; o sea, depende del contenido y

procedimiento operacional a realizar por el trabajador, como deber laboral y social. En cada puesto tiene que estar identificado el jefe que dirige y controla a los operarios y trabajadores que deciden. Los mismos se identifican uno a uno por nombre y apellidos para cada puesto y actividad. (Forum de Ciencia y Técnica, 2007).

5. Se debe realizar un análisis de los integrantes de la Comisión de energía y su relación directa con los puestos claves que tienen incidencia en la empresa. (Forum de Ciencia y Técnica, 2007).

### **Beneficios que reciben el centro y su consejo de dirección**

Beneficio principal: Contar con un sistema más eficaz y útil, que rompe esquemas y la rutina existente, con la definición de siete aspectos fundamentales para el ahorro y la eficiencia en la entidad. Ellos son:

1. Implementa un método de dirección, gestión y control más eficaz en el ahorro de energía con la activa participación de todos los trabajadores.
2. Incorpora un estilo de trabajo participativo, basado en la cultura del detalle, menor burocracia y mayor inmediatez en las acciones.
3. Los portadores energéticos que consume, su orden de prioridad y la incidencia de cada uno.
4. Los puestos claves de la entidad de mayor influencia en el ahorro y la eficiencia energética.
5. Los índices físicos de consumo más necesarios para evaluar y controlar integralmente los resultados correctos en el ahorro y la eficiencia energética de forma sistemática.
6. Las reservas de eficiencia energética existentes, lugar donde existen y cuanto pueden representar en el ahorro energético. Banco de problemas en el orden de prioridad. Rigor y calidad.
7. Favorece prever con mayor precisión las proyecciones y acciones más importantes para ahorrar cada año sostenidamente.

(Forum de Ciencia y Técnica, 2007).

### **2.2.3 Definición de los expertos**

El método tiene como ventajas que recoge el criterio de los técnicos y/o individuos cuya habilidad y experiencia puedan hacer confiables dichos criterios y que se puede trabajar con valores numéricos y admite análisis estadístico.

Su desventaja radica en que es un método subjetivo, pues depende fundamentalmente del criterio de cada experto y se corre el riesgo de sufrir falsa información, cuando se realiza por puro formalismo; de ahí la necesidad de la buena selección del personal que interviene en el panel de expertos. (González Suárez; et al. 1995)

Para la selección de los expertos se utiliza el procedimiento de Hurtado de Mendoza (2003):

1. Confeccionar una lista inicial de los especialistas que puedan cumplir los requisitos para ser expertos en el tema motivo de investigación.
2. Realizar una valoración sobre el nivel de experiencia, evaluando de esta forma los niveles de conocimiento que poseen sobre la materia. Para ello se realiza una primera pregunta para una autoevaluación de los niveles de información y argumentación que tienen sobre el tema en cuestión.

En esta pregunta se les pide que marquen con una X, en una escala creciente del 1 al 10, el valor que se corresponde con el grado de conocimiento o información que tienen sobre el tema a estudiar, como se muestra en el anexo 5.

3. A partir de aquí se calcula el Coeficiente de Conocimiento o Información (Kc), a través de la ecuación 1:

$$K_{cj} = n * (0,1) \quad [1]$$

Donde:

K<sub>cj</sub>: Coeficiente de Conocimiento o Información del experto "j"

n: rango seleccionado por el experto “j”

4. Se realiza una segunda pregunta que permite valorar un grupo de aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar, el cual se muestra en el anexo 5.
5. Aquí se determinan los aspectos de mayor influencia. Las casillas marcadas por cada experto en la tabla se llevan a los valores de una tabla patrón, que se muestra en el propio anexo 5.
6. Los aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar permiten calcular el Coeficiente de Argumentación (Ka) de cada experto según la ecuación 2:

$$Ka = \sum_{i=1} n_i \quad [2]$$

Donde:

Ka: Coeficiente de Argumentación

$n_i$ : Valor correspondiente a la fuente de argumentación “i” (i =1; ...; 6)

7. Una vez obtenidos los valores de Kc y Ka se procede a obtener el valor del Coeficiente de Competencia (K), que finalmente es el coeficiente que determina en realidad qué experto se toma en consideración para trabajar en esta investigación. Este coeficiente (K) se calcula según la ecuación 3:

$$K = 0,5 (Kc + Ka) \quad [3]$$

Donde:

K: Coeficiente de Competencia

Kc: Coeficiente de Conocimiento

Ka: Coeficiente de Argumentación

8. Posteriormente obtenidos los resultados se valoran en la siguiente escala:

0,8 < **K** < 1,0 Coeficiente de Competencia Alto (A)

0,5 < **K** < 0,8 Coeficiente de Competencia Medio (M)

**K < 0,5** Coeficiente de Competencia Bajo (B)

9. El investigador debe utilizar para su consulta a expertos de competencia alta, nunca se utilizarán expertos de competencia baja.

Para el cálculo del número de expertos se aplica la fórmula de Cuesta Santos (2005):

$$N = \frac{p*(1-p)*k}{i^2} \quad [4]$$

Donde:

N: número de expertos necesarios.

p: máximo error que se tolera en el juicio de los expertos.

i: nivel de precisión a utilizar.

K: constante que cambia según el nivel de confianza .

#### **2.2.4 Determinar necesidades de la gestión energética**

Los resultados de la determinación en la realización del diagnóstico energético de las causas que originan la ineficiencia energética en la fábrica, y la identificación de las potencialidades de ahorro y las personas que mayor inciden en el consumo de portadores energéticos, con la identificación de los puestos claves. Se llevan criterios de los expertos seleccionados para definir las necesidades actuales de la gestión energética.

#### **2.2.5 Propuesta de acciones de mejora de la eficiencia energética**

Conociendo hacia donde debe encaminarse la gestión energética en la fábrica , con la definición de las necesidades actuales, se determinan una serie de acciones por orden de prioridad, que cubran todas las potencialidades de ahorro de la fábrica, encaminadas a elevar la eficiencia en el uso de los portadores energéticos, para lo cual se utiliza el método de Kendall para el trabajo de los expertos.

### **Conclusiones parciales**

1. El uso de las herramientas seleccionadas permitirá realizar un diagnóstico energético, que identifique las causas que originaron la problemática existente, y las potencialidades de ahorro de energía en la Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero “Uruguay”.
2. La investigación realizada brinda la posibilidad de proponer un procedimiento para la gestión energética, que integre y comprometa todos los factores y personas de la Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero “Uruguay”, en propósito común: elevar la eficiencia en el uso de los portadores energéticos.

## **CAPÍTULO III: IMPLEMENTACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PROPUESTO EN LA FÁBRICA DE HIELO DE LA UEB CENTRAL AZUCARERO “URUGUAY”**

En el presente capítulo se caracteriza la situación actual de la gestión e energética, y se desarrolla el procedimiento propuesto en el capítulo anterior para elevar la eficiencia en el uso de los portadores energéticos.

### **3.1. Situación actual de la gestión energética en la Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero “Uruguay”**

La Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero “Uruguay”, para cumplir con su objeto fundamental durante el año 2011, de producir 1928.89 toneladas de hielo, para satisfacer de las necesidades las entidades de la Empresa Azucarera “Sancti Spiritus” en el territorio y sus dependencias, así como de otros clientes clasificados como terceros, depende principalmente de la disponibilidad en tiempo de los recursos energéticos.

La planificación de portadores energéticos se realiza anualmente, y es desglosada por meses, a partir de los niveles de actividad planificados y los índices de consumo establecidos.

La asignación mensual de consumo de energía eléctrica se recibe operativamente, a partir de las cifras disponibles en la empresa, que a su vez dependen de la disponibilidad en la provincia. De la que se lleva un control diario de su cumplimiento mediante los registros de autolecturas. Además de un seguimiento a los valores que registra el metro-contador eléctrico como máxima demanda y lo contratado con la OBE del territorio, realizado a partir de la capacidad instalada, (Ver anexo 4).

Los lubricantes son adquiridos en la sucursal Uruguay, de la comercializadora AZUMAT, ubicada en Jatibonico, la compra se realiza según el financiamiento aprobado para la fabricación de hielo, de lo que se lleva un control del consumo en las actividades de relleno y reparación de los equipos instalados.

La gasolina es recibida mediante tarjeta magnética dos veces al mes, según se aprueba en la distribución realizada en la comisión de energía del Central Azucarero “Uruguay”, y aprobada por el director. Su ejecución es controlada por la entrega en caja del comprobante de consumo, para el análisis según los kilómetros recorridos, reflejados en documento establecido por la comisión.

Actualmente el consumo de lubricantes es superior a lo planificado, dado el deterioro técnico de los compresores del área de refrigeración, cuya instalación data del año 1988.

El consumo de energía eléctrica por toneladas de hielo producido es de 116.02 Kwh, (ver anexo 11), superior al planificado de 95.00 Kwh / TM y al potencial de 85 Kwh / TM según datos de fabricación.

La gasolina es consumida por la moto marca: ETZ, modelo 250, asignada al administrador de la fábrica y no tiene desviación en el índice de consumo.

Es el sentir de los dirigentes y trabajadores de la Fábrica de Hielo de la UEB Central Azucarero “Uruguay”, la necesidad de encaminar acciones hacia la eficiencia en el uso de los portadores, dado que en los últimos años se trabaja con altos índices de intensidad energética.

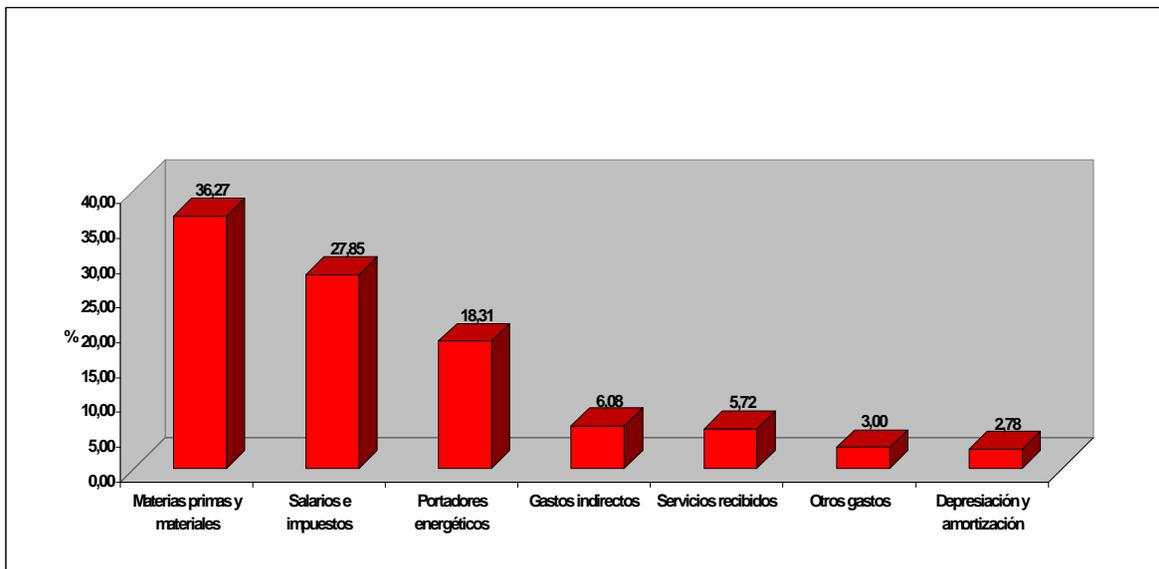
### **3.2 Implementación del procedimiento propuesto en la Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero “Uruguay”**

Con el objetivo de resolver el problema existente en el uso de los portadores energéticos en la fábrica de hielo de Jatibonico, se aplica el procedimiento propuesto en el capítulo anterior. Su aplicación permite identificar las causas del deterioro de la eficiencia energética en los últimos años, así como proponer acciones encaminadas a elevar la efectividad en el uso de los portadores energéticos. Además facilita a los directivos la posibilidad de obtener un instrumento para la toma de decisiones en cuanto a la gestión energética, involucrando y comprometiendo a los responsables en cada puesto de trabajo.

### **3.2.1 Diagnóstico energético**

En diagnóstico energético realizado, con la utilización de las herramientas argumentadas científicamente en el capítulo anterior, permitió profundizar en la gestión energética. Su aplicación fundamenta un sistema de monitoreo, evaluación, control y mejora continua de la eficiencia energética.

El gráfico 3.1, confeccionado a partir del anexo 5, muestra la estructura de gastos por elementos del año 2010. Donde se ubican los portadores en el tercer nivel de gastos, lo que demuestra que un enfoque hacia la eficiencia en el uso de los portadores energéticos, puede representar mejoras para la economía en la UEB: Fábrica de hielo del Central Azucarero “Uruguay”.



**Gráfico 3.1 Estructura de gastos por elementos del año 2010. Fuente: elaboración propia.**

Un aspecto que tiene gran importancia y constituye un elemento a considerar dentro de los gastos de la fábrica de hielo, es la facturación por concepto de bajo factor de potencia. Que mostrando en el anexo 7 un análisis histórico de su comportamiento, tomando como referencia el período comprendido entre el año 2008 – septiembre del 2011, el importe asciende a 79872.51 pesos, por lo que este debe ser priorizado en la propuesta de acciones encaminadas a elevar la eficiencia energética.

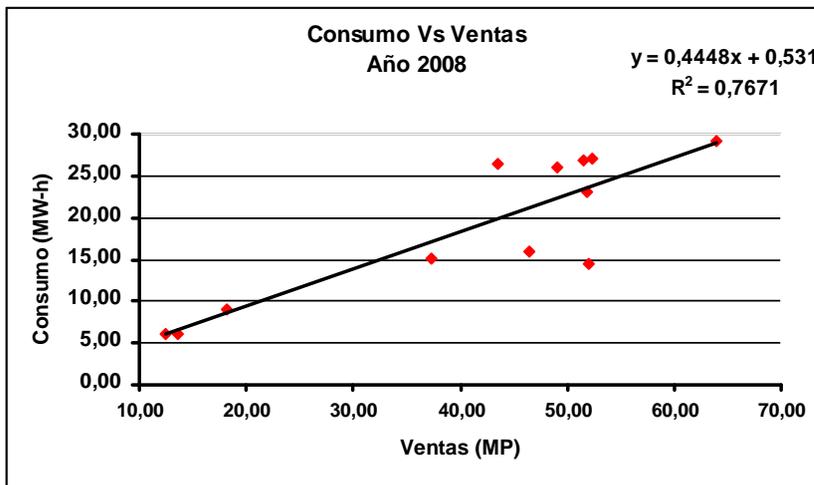
**Estructura de consumo de portadores energéticos del año 2010.**

El anexo 8 muestra la estructura de consumo por portadores en TCC del año 2010. Ubicada la energía eléctrica en el 95.89 % del consumo total, lo que demuestra que cualquier análisis a realizar en función de la gestión energética debe estar enfocado a este portador.

**Diagrama de dispersión y correlación**

Conociendo que la energía eléctrica es el principal portador en la estructura de consumo en TCC en el año 2010, se confecciona un diagrama de dispersión y correlación, con el objetivo de mostrar en un gráfico x, y si existe relación entre dos variables en un período de tiempo, y en caso de que exista, que carácter tiene.

Para la confección del gráfico se parte de la selección de las variables: ubicando en el eje Y: el consumo de energía eléctrica en (Mwh), pues está demostrada su representatividad en la eficiencia energética. En el eje X: las ventas en (MP), ya que es el valor más controlado en los registros contables de la fábrica. Ver anexo 9.



**Gráfico 3.2 Diagrama de dispersión y correlación año 2008. Fuente: elaboración propia**

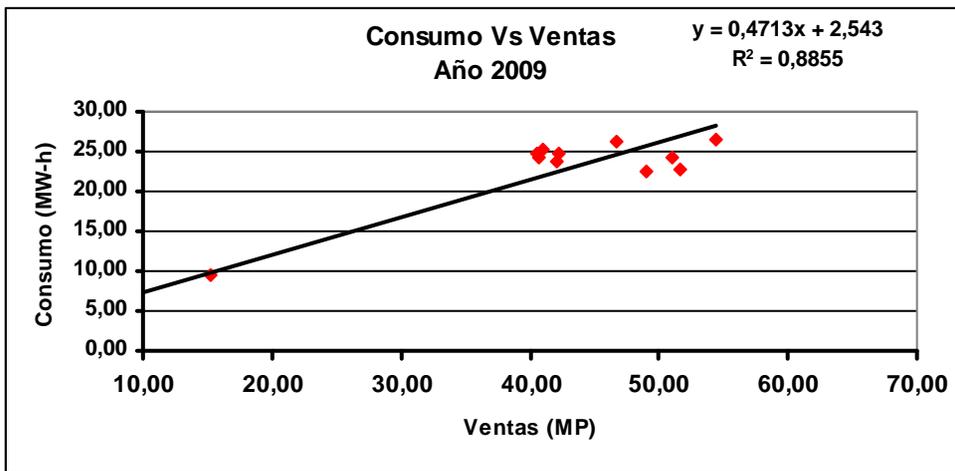


Gráfico 3.3 Diagrama de dispersión y correlación año 2009. Fuente: elaboración propia

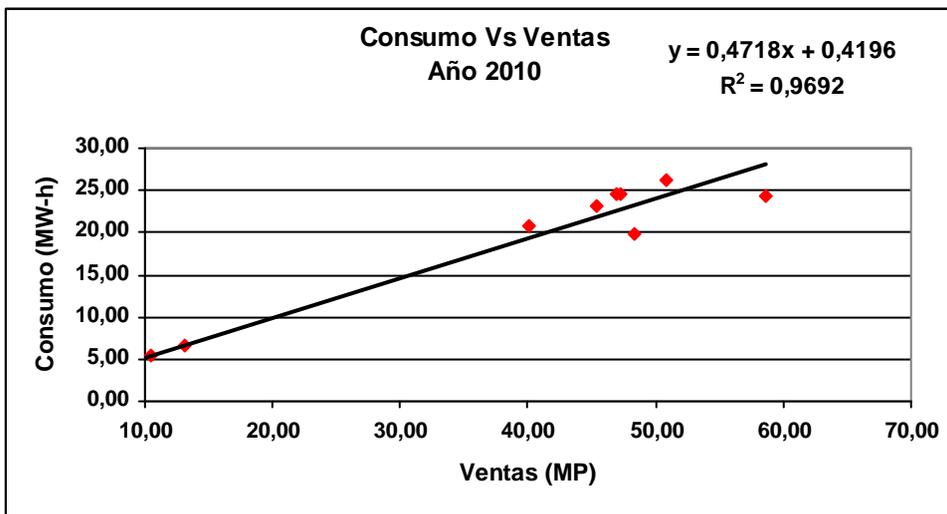
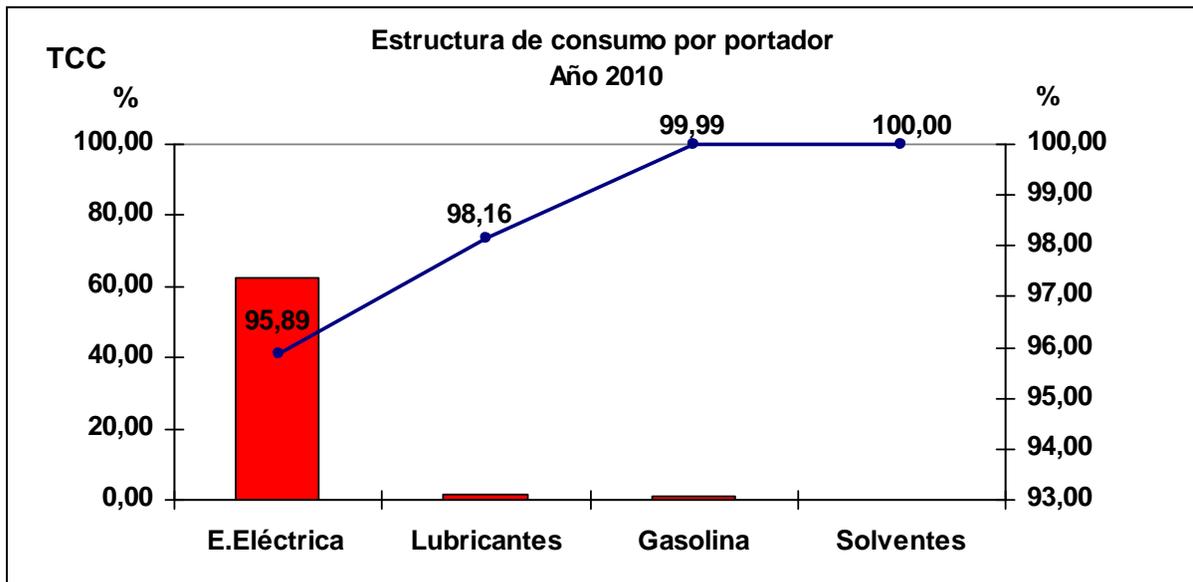


Gráfico 3.4 Diagrama de dispersión y correlación año 2010. Fuente: elaboración propia.

Las figuras 3.2, 3.3 y 3.4 muestran los diagramas de de correlación entre el consumo de energía eléctrica y los niveles de ventas en los años 2008, 2009 y 2010. Dando en los tres casos una adecuada correlación entre las variables utilizadas, teniendo mejores resultados en el 2010, dada la disminución de la producción de refresco, rublo que se ha introducido como alternativa para elevar los ingresos, lo que ubica a la producción de hielo en relación más directa con el consumo de energía eléctrica.

### **Determinación de la estructura de consumo**

La estructura de consumo de portadores energéticos del año 2010 en TCC se representa gráficamente en un diagrama de Pareto, construido a partir de los valores del anexo 8.



**Gráfico 3.5 Estructura de consumo por portadores del año 2010. Fuente: elaboración propia.**

Como se observa en el gráfico la energía eléctrica representa el 95.89 % del total de consumo de TCC en el 2010, por lo que la identificación de los puestos claves debe realizarse en este portador.

### **Comisión de energía**

La comisión de energía, es un órgano asesor, con la misión de contribuir a la solución de problemas técnicos y productivos relacionados con el ahorro de la energía, que puedan contribuir a incrementar los niveles de eficiencia empresarial. La misma la integran especialistas, técnicos de alta calificación, dirigentes y administrativos vinculados al control y uso eficiente de los portadores energéticos.

La comisión de energía del Central Azucarero "Jatibonico", fue creada por la Resolución No.2911 del año 1993, emitida por el director de la empresa, que dictó el reglamento de la comisión de energía y definió la composición de la misma. De

*Capítulo III: Implementación del procedimiento propuesto en la Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero "Uruguay"*

---

la que se modificó el artículo sexto en Abril del 2011 en el que se designan los miembros y queda compuesta de la forma siguiente:

- Tasman Mairs Santiesteban.  
Jefe de producción  
Presidente.
- Omar Alcaráz Ramírez.  
Téc "C" en Ahorro y Uso Racional de la Energía  
Secretario.

**Además está compuesta por los siguientes integrantes, que actúan como miembros:**

- Félix R. Martín Díaz.  
Jefe del área Planta Eléctrica.
- Vladimir Gómez Morales.  
J Área de Planta de Vapor.
- Pablo Miguel del Toro.  
J Área de Basculador y Molino.
- Daimir González Armas.  
Jefe de Centros de Acopio .
- Osvaldo León Gutiérrez.  
Especialista "A" en Termoenergética (EP).
- Rigoberto Venegas Abreu .  
Especialista "A" Mantenimiento Eléctrico Azucarero .
- Ernesto Chirino Reimón.  
Esp."A" en Producciones Industriales Azucareras (EP).
- Edelmis Machín Martínez.  
Especialista "A" en Termoenergética Azucarera .
- Joel Varona Pérez.  
Esp. "A" en Producciones Mecánicas Agroindustriales.

Serán invitados ocasionales otros dirigentes, técnicos y obreros con experiencia para el tratamiento y profundización en puntos que previamente se determinen.

También se podrán proponer como invitados a las sesiones de la comisión de energía, a representantes del sindicato y a trabajadores vinculados con la actividad, cuando su presencia sea imprescindible para emitir criterios sobre el tema a debatir. Tiene como actividad fundamental asesorar y consultar sobre la base de:

- Discutir el comportamiento de los portadores energéticos.
- Proponer las medidas a adoptar en los casos de desviaciones de los índices de consumo.

Para el desarrollo de sus actividades tiene como funciones y atribuciones principales, analizar, dictaminar y recomendar sobre las actividades que sean sometidas a su consideración por el director o su consejo de dirección. Analizar los problemas sometidos a su consideración, para lo cual se apoya en otros especialistas, técnicos tanto de la empresa como de entidades externas, alerta permanentemente a la organización, cuando no se cumplen aquellos dictámenes o recomendaciones aprobadas por la comisión de energía y que hayan sido también aprobadas por el consejo de dirección.

### **3.2.2. Identificación de los puestos claves de consumo energético**

La identificación de los puestos claves consiste en determinar las áreas o equipos específicos con alto consumo energético y tienen gran incidencia en el ahorro y la eficiencia energética de la fábrica. Con la utilización de las herramientas seleccionadas y desarrollando la metodología fundamentada en el capítulo anterior.

En condiciones de campo se identifica cada equipo instalado en la fábrica, a los que se les realiza medición de los parámetros eléctricos que se muestran en el anexo 4, con la colaboración de especialistas y equipamiento de la OBE provincial de Sancti Spiritus.

Conociendo la caracterización de todos los equipos instalados en la fábrica y demostrado que la energía eléctrica representa el portador de mayor peso en la

*Capítulo III: Implementación del procedimiento propuesto en la Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero "Uruguay"*

---

eficiencia energética, se estratifica por áreas para determinar cual tiene mayor influencia en el consumo.

**Tabla 3.1 Estratificación del consumo de energía eléctrica año 2010.**

Áreas	UM	Consumo	%	% Acumulado
<b>Refrigeración</b>	Kwh	150813	84.89	84.89
<b>Bombeo de agua</b>	Kwh	15682	8.83	93.72
<b>Taller</b>	Kwh	9645	5.43	99.15
<b>Alumbrado</b>	Kwh	1510	0.85	100.00
<b>Total</b>		<b>177650</b>		

Como se observa en la tabla anterior la actividad de refrigeración representa el 84.89% del consumo de energía eléctrica y conociendo los equipos consumidores, se estratifica en cada uno para determinar los más representativos, con respecto al consumo de energía eléctrica total.

**Tabla 3.2 Estratificación del consumo de energía eléctrica en el área de refrigeración año 2010.**

Equipos	UM	Consumo	%	% Acumulado
<b>Compresor 3</b>	Kwh	60349	40.00	<b>40.00</b>
<b>Compresor 2</b>	Kwh	45232	30.00	<b>70.00</b>
<b>Compresor 1</b>	Kwh	37693	25.00	<b>95.00</b>
<b>Removedor</b>	Kwh	7539	5.00	100.00
<b>Total</b>		<b>150813</b>	<b>100</b>	

Demostrado que los compresores representan el 95.00 % del consumo, quedan definidos como los puestos claves de consumo energético en la fábrica, por lo que tendrán prioridad en cualquier acción a seguir en función de elevar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica.

En este paso se listan las personas que en el desempeño de su labor inciden en el uso eficiente de los portadores energéticos en la fábrica.

**Tabla 3.3 Identificación del personal que decide la eficiencia en el uso de los portadores energéticos.**

<b>Nombres y apellidos</b>	<b>Cargo</b>	<b>Años de experiencia</b>
Emilio Izquierdo Román	Jefe de brigada	15
Felicio E. Toledo Delgado	Soldador A	6
José Fariña Ramírez	Operador de línea de fabricación de hielo	16
Jesús R. Hernández Valdivia	Operador de línea de fabricación de hielo	7
Yasmany Sánchez de la Paz	Operador de línea de fabricación de hielo	4
Antonio Brito Rodríguez	Nevero de la industria alimenticia	14
Carmelo Lajos Ruiz	Nevero de la industria alimenticia	6
Israel Fariñas Valdivia	Nevero de la industria alimenticia	8

### **3.2.3 Definición de los expertos**

Para la selección de los expertos se utilizó el procedimiento propuesto por Hurtado de Mendoza (2003):

La lista de los especialistas que cumplían con los requisitos para ser expertos en el tema se muestra a continuación:

1. Sergio Barreto Ramos
2. Radamé González Rodríguez
3. Odalys Jarrín Camacho
4. Osvaldo León Gutiérrez
5. Omar Alcaráz Ramírez
6. Tomás Edel Nuñez García.
7. José Fariñas Ramírez
8. Antonio Brito Rodríguez
9. Emilio Izquierdo Román
10. Rigoberto Venegas Abreu

Al tener la lista inicial de los especialistas que podían cumplir con los requisitos para ser expertos en el tema, se les realizó una valoración sobre el nivel de experiencia y conocimientos que poseían sobre la materia, haciendo una pregunta de autoevaluación de los niveles de información y argumentación que tenían sobre el tema en cuestión. A partir de aquí se calculó el Coeficiente de Conocimiento o Información (Kc), a través de la ecuación 1:

$$Kc_j = n * (0,1) \quad [1]$$

Donde:

Kc<sub>j</sub>: Coeficiente de Conocimiento o Información del experto "j"

n: rango seleccionado por el experto "j"

Luego se realizó una segunda pregunta que permitió valorar un grupo de aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar, y se determinaron los aspectos de mayor influencia. Las casillas marcadas por cada experto en la tabla se llevaron a los valores de una tabla patrón, que se muestra en el anexo 3.

Los aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar permitieron calcular el Coeficiente de Argumentación (Ka) de cada experto según la ecuación 2:

$$Ka = \sum_{i=1} n_i \quad [2]$$

Donde:

Ka: Coeficiente de Argumentación

n<sub>i</sub>: Valor correspondiente a la fuente de argumentación "i" (i = 1; ...; 6)

Una vez obtenidos los valores de Kc y Ka se procedió a calcular el valor del Coeficiente de Competencia (K), que finalmente es el coeficiente que determinó en realidad qué experto se toma en consideración para trabajar en esta investigación. Este coeficiente (K) se calculó según la ecuación 3:

$$K = 0,5 (Kc + Ka) \quad [3]$$

*Capítulo III: Implementación del procedimiento propuesto en la Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero "Uruguay"*

Donde:

K: Coeficiente de Competencia

Kc: Coeficiente de Conocimiento

Ka: Coeficiente de Argumentación

El cálculo del coeficiente de competencia de los posibles expertos se muestra en la tabla 3.4.

**Tabla 3.4 Resultados de los coeficientes de Conocimiento, Argumentación y Competencia de los posibles expertos.**

Fuentes de argumentación	Expertos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Análisis teóricos realizados	0,3	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3
Experiencia obtenida	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4
Trabajos nacionales consultados	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Trabajos extranjeros consultados	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Conocimiento del estado del problema en el extranjero	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Intuición	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Ka	0,9	1	0,9	0,7	0,9	0,8	1	0,9	0,9	0,9
Kc	0,7	1	0,8	0,6	0,8	0,7	1	0,9	1	0,9
K	0,8	1	0,85	0,65	0,85	0,75	1	0,9	0,95	0,9

Posteriormente obtenidos los resultados se valoraron en la escala utilizada, dando como resultados lo que se muestra en la tabla 3.5.

**Tabla 3.5. Valoración de los resultados del Coeficiente de Competencia de los posibles expertos.**

Coeficiente de competencia	Expertos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K	0,8	1	0,85	0,65	0,85	0,75	1	0,9	0,95	0,9
Valoración de K	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>

### *Capítulo III: Implementación del procedimiento propuesto en la Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero "Uruguay"*

---

Se utilizaron para la consulta a expertos de competencia alta, nunca de competencia baja.

Luego de realizados todos los pasos, quedaron como posibles elegidos para el trabajo como expertos: 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9 y 10.

Para calcular el número de expertos se utilizó la distribución binomial de probabilidad siguiente expresión:

$$N = \frac{p^*(1-p)^*k}{i^2} \quad [4]$$

Donde:

N: número de expertos necesarios.

p: máximo error que se tolera en el juicio de los expertos.

i: nivel de precisión a utilizar.

K: constante que cambia según el nivel de confianza .

Se tomaron como datos los siguientes valores:

$$i = 0,10$$

$$p = 0,01$$

$$K = 6,6564, \text{ para un nivel de confianza de } 99\%.$$

Se procedió al cálculo:

$$N = \frac{0,01 * (1 - 0,01) * 6,6564}{0,10^2} = 6,5898 \approx 7 \text{ Expertos} \quad [4]$$

Resultando necesario la opinión de 7 expertos . De los ocho posibles elegidos se seleccionaron los siete que poseen el grado de competencia más alto y es tos son: 2, 3, 5, 7, 8, 9 y 10 (Tabla 3.4).

### **3.2.4 Determinar necesidades de la gestión energética**

A partir de los resultados del diagnóstico energético y de la identificación de los puestos claves, se define por los expertos las necesidades de la gestión energética en la Fábrica de Hielo de la UEB Central Azucarero “Uruguay”.

1. Trabajar por disminuir los índices de intensidad energética.
2. Eliminar las facturaciones por concepto de bajo factor de potencia.
3. Elevar los conocimientos del personal en temas de eficiencia energética.
4. Tener control del consumo de energía eléctrica de los puestos claves.
5. Trabajar por disminuir el consumo de lubricantes y energía eléctrica de los compresores.
6. Elevar el protagonismo en la eficiencia energética de los operarios y jefes que inciden en la eficiencia de los puestos claves.

**Tabla3. 4. Categorización de los expertos.**

<b>Expertos</b>	
Radamé González Rodríguez	<b>E<sub>1</sub></b>
Odalys Jarrín Camacho	<b>E<sub>2</sub></b>
Omar Alcaraz Ramírez	<b>E<sub>3</sub></b>
José Fariña Ramírez	<b>E<sub>4</sub></b>
Antonio Brito Rodríguez	<b>E<sub>5</sub></b>
Emilio Izquierdo Román	<b>E<sub>6</sub></b>
Rigoberto Venegas Espinosa	<b>E<sub>7</sub></b>

Para determinar si es o no confiable el juicio emitido por los expertos se utiliza el coeficiente de concordancia de Kendall. Que para tabular se categorizan los expertos y las prioridades de la forma siguiente:

Se realiza una ponderación de las necesidades, otorgándole un valor del 1 a 10, asignándole 1 a la más importante y 10 a la menos importante.

*Capítulo III: Implementación del procedimiento propuesto en la Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero "Uruguay"*

**Tabla 3.5 Determinación del coeficiente de Kendall.**

		Expertos							$\Sigma A_i$	$\Delta$	$\Delta^2$
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7			
1	Disminuir el índice de consumo de energía eléctrica por toneladas de hielo producido.	5	6	7	6	5	4	5	38	-0.83	0.69
2	Trabajar con mejores índices de intensidad energética.	6	7	6	7	8	8	8	50	11.17	124.69
3	Eliminar las facturaciones por concepto de bajo factor de potencia.	7	6	7	8	6	6	8	48	9.17	84.03
4	Capacitar al personal en temas de eficiencia energética.	8	9	3	2	3	3	2	30	-8.83	78.03
5	Elevar el control del consumo de energía eléctrica en los puestos claves.	1	3	3	4	2	8	1	22	-16.83	283.36
6	Disminuir el consumo de lubricantes de los compresores.	6	7	7	6	5	8	6	45	6.17	38.03
									<b>233</b>		<b>608.83</b>
<b>Fórmulas</b>											
$\Sigma A_i = \Sigma E_n$											
$\Delta = \Sigma A_i - T$											
$T = \Sigma \Sigma A_i / k$											
$w = 12 \Sigma \Delta^2 / (m^2(k^3 - k))$											
<b>Términos</b>											
k- Número de características											
m- Número de expertos											
w- Coeficiente de concordancia											
<b>Análisis</b>											
Si $w > 0,5$ - Hay concordancia en el criterio de los expertos											
Si $w < 0,5$ - No hay concordancia en el criterio de los expertos											
Los indicadores más importantes serán los que cumplan que:											
$\Sigma A_i < T$											

T	38.8
w	0.71

**Hay concordancia**

W debe estar entre (0...1), hay autores que plantean que:

(0,5...1) es confiable,

(0...0,49) no es confiable.

H<sub>0</sub>: No hay concordancia entre los expertos.

H<sub>1</sub>: Si hay concordancia entre los expertos.

Región crítica para K 7

S S tabulada (Anexo 12) [6]

$$S = \frac{\Sigma \Delta^2}{m}$$

$$S = \frac{608,83}{6}$$

$$= 101,47$$

$S_{\text{tabulada}} = 422,6$  no existen evidencias estadísticas suficientes que indiquen la falta de concordancia en el juicio de los expertos, por lo que se rechaza  $H_0$ .

### **3.2.5. Acciones de mejora de la eficiencia energética**

A Partir de las ponderaciones de los expertos, se definen las acciones que se propondrán a la dirección, encaminadas a elevar la eficiencia en el uso de los portadores energéticos en la UEB: Fábrica de Hielo del Central Azucarero “Uruguay”, con el siguiente orden de prioridad:

1. Instalar equipos de medición (metro-contadores), que permita controlar por separado las lecturas del consumo de energía eléctrica del área de refrigeración.
2. Incorporar temas de eficiencia energética a los programas de capacitación y extenderlo hasta los trabajadores de la Fábrica de Hielo.
3. Reestructurar la Comisión de Energía de la UEB Central Azucarero “Uruguay”, de forma que incluya como miembros o invitados permanentes al personal que decide la eficiencia energética en la Fábrica de hielo.
4. Establecer un sistema de conciliación mensual con los especialistas de la oficina comercial de la OBE provincial Sancti Spiritus, de los consumos y las facturaciones por conceptos, sobre la base de las autolecturas.
5. Reparar los compresores del área de refrigeración para disminuir el consumo de energía eléctrica y lubricantes.
6. Instalar un banco de capacitores que eleve el factor de potencia en la fábrica por encima de 0,92.
7. Establecer indicador medidor entre el consumo de energía eléctrica y la producción de hielo, y mantener un seguimiento de su comportamiento.

### **Conclusiones parciales**

1. La aplicación de las herramientas utilizadas, demuestra que los indicadores que se establezcan para evaluar la gestión energética, deben relacionar el consumo de energía eléctrica con los niveles de producción o ventas de la fábrica.
2. La identificación de los puestos claves de consumo energético evidencia que la mejora de la eficiencia energética de la fábrica está relacionada con la mejora técnica de los compresores del área de refrigeración.
3. La conclusión llegada por los expertos sobre la importancia de cambiar la manera de actuar en la gestión energética, y enfocarla hacia la implementación de acciones concretas, encaminadas a elevar la eficiencia en el uso de los portadores energéticos, muestra la viabilidad del procedimiento propuesto.

## **CONCLUSIONES**

- 1 Con el análisis de la literatura especializada y las fuentes consultadas, se constata la necesidad de implementar un procedimiento para la gestión energética, que contribuya a elevar la eficiencia en el uso de los portadores energéticos en la Fábrica de Hielo de la UEB: Central azucarero “Uruguay” .
- 2 El diseño del procedimiento describe una secuencia lógica de pasos, para determinar la situación actual de la gestión energética en la unidad objeto de estudio, y enfocar su proyección hacia el uso eficiente de los portadores energéticos.
- 3 La implementación del procedimiento para la gestión energética en la Fábrica de Hielo, permitió definir una propuesta de acciones concretas , encaminadas a elevar la eficiencia energética, y constituye una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para los directivos de la UEB: Central Azucarero “Uruguay”.

## **RECOMENDACIONES**

- 1 Generalizar el procedimiento a otras áreas de la UEB Central Azucarero "Uruguay".
- 2 Usar el presente trabajo como material metodológico para la capacitación de especialistas en ahorro y uso racional de la energía de la UEB: Central Azucarero "Uruguay".

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Auditorias Energéticas y Cogeneración, Especialización en Ciencias Térmicas, Universidad de Valle, Cali, Colombia, 1997.
2. Auditoria Energética <http://www.miyabi.es/serviciosmiyabi.html>.  
Accedido 3 de abril de 2011.
3. Auditorias Energéticas y Cogeneración, Especialización en Ciencias Térmicas, Universidad de Valle, Cali, Colombia, 1997.
4. ALTHULER, J.; et al. 2004, "Hacia una conciencia energética." Editorial Academia, p.4, p 11.
5. Arrastía Á. M., y colaboradores. (2010). "Curso Energía y Cambio Climático.
6. Borroto, N. A. (2002). "Administración de la Energía", CEEMA: Cienfuegos.
7. Borroto, N. A. (2002). "Gestión Energética empresarial". Centro de Estudios de energía y medio ambiente: Cienfuegos.
8. Borroto, N. A. (2006) "La Gestión energética y la competitividad empresarial". Centro de Estudios de energía y Medio Ambiente, (CEEMA). Cienfuegos.
9. Borroto, N. A. y Monteagudo, Y.J.P (2006) "Gestión Energética en el Sector Productivo y los Servicios". Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, (CEEMA): Cienfuegos, Cuba.
10. Benítez W. (2007) "Diseño de Sistema de Gestión Ambiental". Tesis de Grado. Centro Universitario S.S. "José Martí".
11. Colectivo de autores, "Técnicas de conservación de la energía en la Industria", Tomo II, Edición Revolucionaria, Madrid, 1982.
12. Campos Avella J. et. al., Universidad de Cienfuegos, (1999) "La Eficiencia Energética en la Gestión Empresarial .
13. Colectivo de autores, (2002). Ahorro de Energía en sistemas de Suministro Eléctrico Industrial, (CEEMA), Cienfuegos.
14. Colectivo de autores. Programa de ahorro energético en Cuba. Tabloide suplemento especial. La Habana Cuba, 2004 .

15. Cuesta Santos, A. (2005). "Tecnología de la Gestión de Recursos Humanos". Ed. Félix Varela. Ciudad de La Habana. Cuba.
16. Cuesta Santos, A. (2005). "Tecnología de la Gestión de Recursos Humanos". Ed. Félix Varela. Ciudad de La Habana. Cuba.
17. Consideraciones sobre el ahorro y la eficiencia energética: intensidad energética y gestión de la demanda. [http://www.cne.es/pdf/PA006\\_03cap9.pdf](http://www.cne.es/pdf/PA006_03cap9.pdf). Accedido el 16 de enero de 2010.
18. Consideraciones sobre el ahorro y la eficiencia energética: intensidad energética y gestión de la demanda. [http://www.cne.es/pdf/PA006\\_03cap9.pdf](http://www.cne.es/pdf/PA006_03cap9.pdf). Accedido el 24 de marzo del 2011.
19. Departamento de Uso Racional de la energía. Efecto económico de la revolución Energética en Cuba. La Habana febrero 2010.
20. Departamento de Uso Racional de la Energía . Efecto económico de la Revolución Energética en Cuba. La Habana, febrero 2010.
21. Diagnóstico Energético Disponible en <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia25/HTML/articulo09.htm> . Accedido 3 de abril de 2011.
22. Diagnóstico Energético. Disponible en <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia25/HTML/articulo09.htm> . Accedido 3 de abril de 2011.
23. Eficiencia Energética. Disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia\\_energ%C3%A9tica](http://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_energ%C3%A9tica) . Accedido el 20 de enero de 2011.
24. Eficiencia Energética. Disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia\\_energ%C3%A9tica](http://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_energ%C3%A9tica) . Accedido el 20 de enero de 2011.

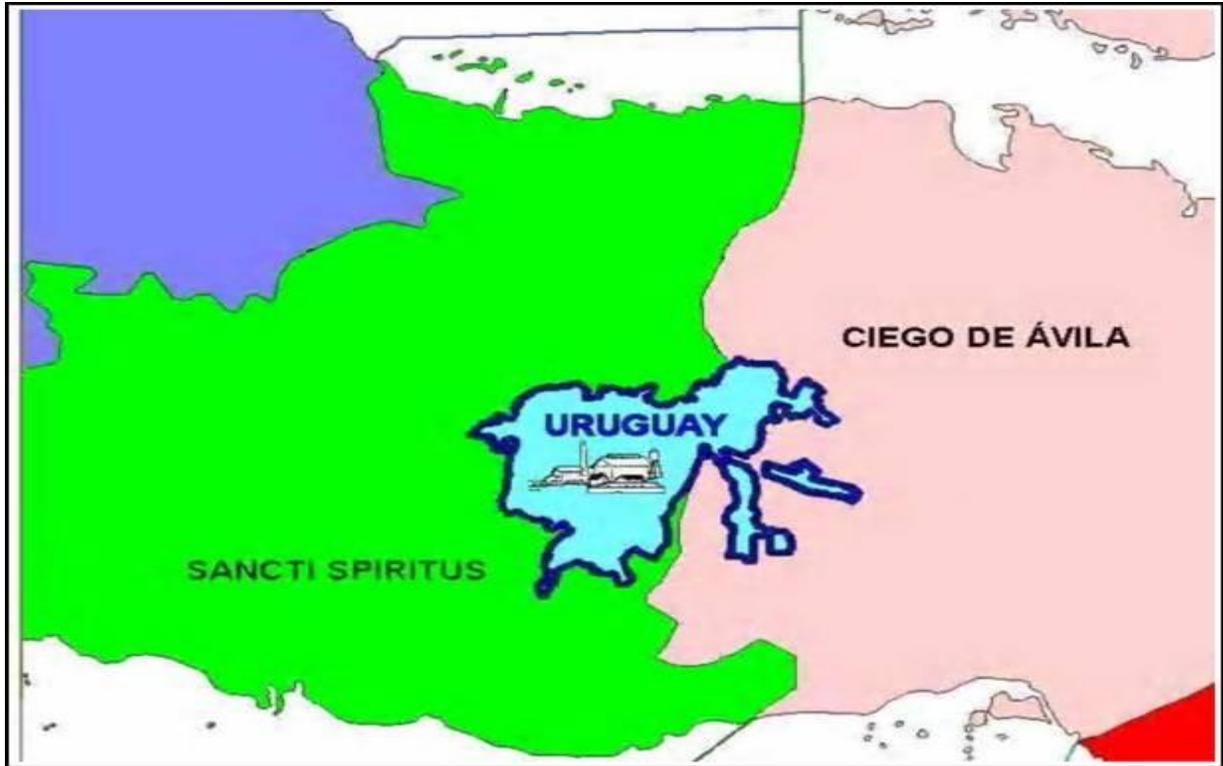
25. Forum de Ciencia y Técnica. (2007). "Ahorro de Energía y Eficiencia Energética. Tema: puestos claves". Oficina de atención al Forum, Consejo de Estado.
26. Forum de Ciencia y Técnica. (2007). "Ahorro de Energía y Eficiencia Energética. Tema: Puestos claves". Oficina de atención al Forum, Consejo de Estado.
27. Francisco Martín W., Eduardo López Bastida, Juan A. Castellanos Álvarez, Silvia Gil Fundora. "Metodología de la Investigación." Universidad de Cienfuegos, Cuba.
28. Gestión Total Eficiente de la Energía en la Planta de hielo, Sancti Spíritus".
29. González, R; *et al.* (1995). "Aplicación del método de expertos en el sistema de control de la calidad de las cremas dental nacionales". Revista Centro Azúcar. La Habana.
30. González Suárez E. (2002) "La Integración de procesos una vía para lograr producciones energéticamente sustentables y ambientalmente compatibles. Centro de Análisis de Procesos. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Cuba.
31. Hurtado de Mendoza, F. S. (2003). "Cómo seleccionar los expertos". En <http://www.monografias.com>
32. Hernández Sampier, R. (2006). "Metodología de la Investigación. Ed. Félix Varela. Ciudad de La Habana. Cuba.
33. [Internacional Outlook 2005](#) / [International Energy Outlook 2007](#). Informes elaborados por la Energy Information Administration, del Gobierno de Estados Unidos. Accedido 22 de octubre 2010.
34. [Internacional Outlook 2005](#) / [International Energy Outlook 2007](#). Informes elaborados por la Energy Information Administration, del Gobierno de Estados Unidos. Accedido 22 de octubre 2010.
35. Intensidad Energética, Estadísticas sectoriales 2004 - 2006. Disponible en <http://www.midepangocr/contcontent/view/196/34>. Accedido el 11 diciembre de 2011.

36. Intensidad Energética, Estadísticas sectoriales 2004 - 2006. Disponible en <http://www.midepangocr/contcontent/view/196/34>. Accedido el 11 diciembre de 2011.
37. [Internacional Outlook 2005](#) / [International Energy Outlook 2007](#). Informes elaborados por la Energy Information Administration, del Gobierno de Estados Unidos. Accedido 22 de octubre 2010.
38. Intensidad Energética, Estadísticas sectoriales 2004 - 2006. Disponible en <http://www.midepangocr/contcontent/view/196/34>. Accedido el 11 diciembre de 2011.
39. Leiva Moscoso, S. R. (2010). Tesis presentada en opción al título académico de master en eficiencia energética. Implementación de la Tecnología de Rodríguez Castellón, S. (2002). Consideraciones sobre el sector energético cubano. *Revista momento económico*, No. 121 Mayo-junio.
40. La Revolución Energética en Cuba: conquistas alcanzadas. Disponible en: <http://www.invasor.cu>. Accedido 16 de mayo de 2010.
41. Serrano. M. J. H. y colaboradores. (2006). 'Producciones más limpias. Tabloide I y II Parte. 'Agencia de Medio Ambiente. Editorial Academia. Cuba.
42. Tabloide I y II Parte. 'Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía CUBAENERGIA. Editorial Academia. Cuba.

Anexo 1. Ubicación geográfica de la Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero "Uruguay" en Cuba.



**Anexo 2. Ubicación geográfica de la Fábrica de hielo de la UEB Central Azucarero "Uruguay" en Sancti Spiritus.**



**Anexo 3. Selección de los expertos. Fuente: (Hurtado de Mendoza, 2003)**

Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
...										
...										
...										
n										

**A - 3.1 Grado de conocimiento del posible experto, según autoevaluación**

Fuentes de argumentación o fundamentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted			
Su experiencia obtenida			
Trabajos de autores nacionales			
Trabajos de autores extranjeros			
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero			
Su intuición			

**A - 3.2 Nivel de argumentación sobre el tema del posible experto**

Fuentes de argumentación o fundamentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted	0,3	0,2	0,1
Su experiencia obtenida	0,5	0,4	0,2
Trabajos de autores nacionales	0,05	0,05	0,05
Trabajos de autores extranjeros	0,05	0,05	0,05
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero	0,05	0,05	0,05
Su intuición	0,05	0,05	0,05

**A - 3.3 Patrón del nivel de argumentación del posible experto**

**Anexo 4. Características fundamentales de los equipos instalados.**

<b>Equipos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Potencia (kW)</b>	<b>Amperaje (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
Compresor	1	40	137	220
Compresor	2	40	137	220
Compresor	3	40	137	220
Bomba de agua	1	5	16.3	220
Bomba de agua	2	5	16.3	220
Bomba de agua(potable)	3	3	10	220
Removedor		5	16.3	220
Piedra esmeril		3	10	220
Taller		5	10	220
Alumbrado	9 lámparas	1		220
Alumbrado	2 lámparas	0,25		220
Pozo				220

**Anexo 5. Gastos por elementos en el año 2010.**

<b>Concepto</b>	<b>Valor (MP)</b>	<b>%</b>	<b>% Acumulado</b>
Mat. Primas y materiales	94,72	36,27	<b>36,27</b>
Salarios e impuestos	72,74	27,85	<b>64,12</b>
Portadores energéticos	47,81	18,31	<b>82,43</b>
Depreciación y amortización	7,26	2,78	<b>85,21</b>
Gastos indirectos	15,87	6,08	<b>91,29</b>
Servicios recibidos	14,93	5,72	<b>97,00</b>
Otros gastos	7,83	3,00	<b>100</b>
<b>Total</b>	<b>261,16</b>		

**Anexo 6. Comportamiento del factor de potencia en el período 2008 – Septiembre 2011.**

<b>Meses</b>	<b>Factor de potencia</b>			
	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Enero	0,90	0,58	0,89	0,91
Febrero	0,90	0,49	0,91	0,91
Marzo	0,90	0,86	0,86	0,91
Abril	0,90	0,91	0,89	0,72
Mayo	0,58	0,87	0,87	0,85
Junio	0,59	0,74	0,85	0,89
Julio	0,60	0,57	0,91	0,90
Agosto	0,60	0,50	0,89	0,91
Septiembre	0,60	0,69	0,90	0,91
Octubre	0,61	0,89	0,90	
Noviembre	0,97	0,90	0,90	
Diciembre	0,59	0,76	0,90	
<b>Promedio</b>	<b>0,72</b>	<b>0,73</b>	<b>0,89</b>	<b>0,88</b>

**Anexo 7. Facturación por penalizaciones por concepto de bajo factor de potencia en el período 2008 – Septiembre 2011.**

Meses	Importe por penalización (\$)				
	2008	2009	2010	2011	Total
Enero	2 015,17	2 619,52	4 788,34	205,95	9 628,98
Febrero	1 162,72	3 172,18	1 304,40	180,00	5 819,30
Marzo	1 139,80	2 046,36	1 794,71	167,00	5 147,87
Abril	1 831,76	1 599,70	1 631,00	3 604,74	8 667,20
Mayo	2 230,41	1 815,84	1 783,00	1 999,17	7 828,42
Junio	4 087,01	1 696,76	2 122,01	3 623,58	11 529,36
Julio	4 040,10	1 883,44	650,25	1 207,99	7 781,78
Agosto	4 216,24	1 980,81	1 365,74	1 304,50	8 867,29
Septiembre	4 176,07	1 794,00	512,96	1 302,17	7 785,20
Octubre	697,50	526,26	526,00		1 749,76
Noviembre	526,25	700,00	510,00		1 736,25
Diciembre	944,90	1 765,24	620,96		3 331,10
<b>Total</b>	<b>27 067,93</b>	<b>21 600,11</b>	<b>17 609,37</b>	<b>13 595,10</b>	<b>79 872,51</b>

**Anexo 8. Estructura de consumo año 2010.**

<b>Portador</b>	<b>UM</b>	<b>Consumo</b>	<b>TCC</b>	<b>%</b>	<b>% Acumulado</b>
E. Eléctrica	MWh	177,65	62,53	95,89	95,89
Lubricantes	TM	1,48	1,48	2,27	98,16
Gasolina	TM	0,88	1,19	1,83	99,99
Solventes	TM	0,008	0,01	0,01	100,00
<b>Total</b>			<b>65,28</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

**Anexo 9. Análisis de las ventas y el consumo de energía eléctrica en el período 2008 – 2010. (MP/MWh).**

Mes	Año 2008			Año 2009			Año 2010		
	Ventas (MP)	Consumo (MWh)	Intensidad energética	Ventas (MP)	Consumo (MWh)	Intensidad energética	Ventas (MP)	Consumo (MWh)	Intensidad energética
Enero	46,42	16,00	0,345	54,38	26,49	0,487	58,590	24,43	0,417
Febrero	52,05	14,57	0,280	48,96	22,54	0,460	48,290	19,74	0,409
Marzo	37,37	15,11	0,404	50,97	24,14	0,474	47,170	24,48	0,519
Abril	63,99	29,10	0,455	51,58	22,68	0,440	45,320	23,04	0,508
Mayo	51,85	23,13	0,446	42,31	24,69	0,584	46,990	24,62	0,524
Junio	49,01	26,10	0,533	42,09	23,67	0,562	50,890	26,25	0,516
Julio	43,48	26,37	0,606	41,07	25,35	0,617	13,070	6,53	0,500
Agosto	52,35	26,98	0,515	46,73	26,24	0,562	40,140	20,67	0,515
Septiembre	51,46	26,83	0,521	40,59	24,63	0,607	1,820	0,93	0,511
Octubre	13,59	6,10	0,449	1,32	0,73	0,552	1,560	0,80	0,513
Noviembre	12,41	6,07	0,489	15,26	9,43	0,621	1,560	0,76	0,487
Diciembre	18,23	8,93	0,490	40,67	24,19	0,595	10,470	5,40	0,516
<b>Total</b>	<b>492,21</b>	<b>225,29</b>	<b>0,458</b>	<b>475,93</b>	<b>254,83</b>	<b>0,535</b>	<b>365,87</b>	<b>177,65</b>	<b>0,486</b>

**Anexo 10. Listado de expertos seleccionados.**

<b>Nombre</b>	<b>Nivel escolar</b>	<b>Cargo</b>	<b>Experiencia (años)</b>
Radamé González Rodríguez	Superior	Jefe de Mantenimiento. Central Azucarero "Uruguay"	22
Odalys Jarrín Camacho	Superior	Especialista en Gestión Económica. Central Azucarero "Uruguay"	17
Omar Alcaraz Ramírez	Superior	Téc. "C" en Ahorro y Uso Racional de la Energía. Central Azucarero "Uruguay"	3
José Fariñas Ramírez	12 <sup>o</sup> Grado	Operador de línea de fabricación de hielo. UEB: Fábrica de hielo.	16
Antonio Brito Rodríguez	12 <sup>o</sup> Grado	Nevero de la industria alimenticia. UEB: Fábrica de hielo.	14
Emilio Izquierdo Román	Técnico Medio.	Jefe de Brigada. UEB: Fábrica de hielo.	15
Rigoberto Venegas Abreu	Superior	Esp. "A" Mantenimiento Eléctrico Azucarero. Central Azucarero "Uruguay"	12

**Anexo 11. Índice de consumo de energía eléctrica por toneladas de hielo producido. Año 2011.**

<b>Mes</b>	<b>Ton.</b>	<b>Consumo (kW)</b>	<b>Índice de consumo (kWh/ton)</b>
Enero	57,16	6 396	111,904
Febrero	192,74	22 557	117,035
Marzo	206,25	23 600	114,427
Abril	227,92	26 517	116,344
Mayo	158,68	18 730	118,039
Junio	143,85	16 788	116,707
Julio	203,29	23 846	117,299
Agosto	212,96	24 311	114,158
<b>Total</b>	<b>1 402,83</b>	<b>162 745</b>	<b>116,012</b>

Anexo 11. Tabla de valores críticos de  $s$  en el coeficiente de concordancia de Kendall.

320

ANEXOS

TABLA R. Tabla de valores críticos de  $s$  en el coeficiente de concordancia de Kendall\*

$k$	$N$					Valores adicionales para $N = 3$ .	
	3†	4	5	6	7	$k$	$s$
Valores al nivel de significación 0.05							
3			64.4	103.9	157.3	9	54.0
4		49.5	88.4	143.3	217.0	12	71.9
5		62.6	112.3	182.4	276.2	14	83.8
6		75.7	136.1	221.4	335.2	16	95.8
8	48.1	101.7	183.7	299.0	453.1	18	107.7
10	60.0	127.8	231.2	376.7	571.0		
15	89.8	192.9	349.8	570.5	864.9		
20	119.7	258.0	468.5	764.4	1,158.7		
Valores al nivel de significación 0.01							
3			75.6	122.8	185.6	9	75.9
4		61.4	109.3	176.2	265.0	12	103.5
5		80.5	142.8	229.4	343.8	14	121.9
6		99.5	176.1	282.4	422.6	16	140.2
8	68.8	137.4	242.7	388.3	579.9	18	158.6
10	85.1	175.3	309.1	494.0	737.0		
15	131.0	269.8	475.2	758.2	1,129.5		
20	177.0	364.2	641.2	1,022.2	1,521.9		

\* Tomada de Friedman, M. 1940. Una comparación de pruebas de significación alternas para el problema de  $m$  rangos. *Ann. Math. Statist.*, 11, 86-92, con el amable permiso del autor y editor.

Nótese que los valores críticos adicionales de  $s$  para  $N = 3$  se dan en la columna derecha de esta tabla.