



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
UNIVERSIDAD DE GRANMA  
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA



## **Trabajo de Diploma**

*En opción al título de Ingeniero Electro-Mecánico*

**TÍTULO: EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA FÁBRICA DE HELADOS DE BAYAMO.**

**Diplomante: Geovanny Rodrigo Albán Robayo.**

Bayamo. M.N.  
CURSO ACADÉMICO 2015-2016



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
UNIVERSIDAD DE GRANMA  
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA



## **Trabajo de Diploma**

*En opción al título de Ingeniero Electro-Mecánico*

**TÍTULO: EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA FÁBRICA DE HELADOS DE BAYAMO.**

**Diplomante: Geovanny Rodrigo Albán Robayo.**

**Tutor: Ing. MSc. Ing. Raúl F. Pacheco Gamboa. Prof. Aux.**

**Jefe Disciplina Integradora: MSc. Ing. Raúl F. Pacheco Gamboa. Prof. Aux.**

Bayamo. M.N.  
CURSO ACADÉMICO 2015-2016

## **AGRADECIMIENTOS**

*Para poder realizar esta tesis de la mejor manera posible fue necesario del apoyo de muchas personas a los cuales quiero agradecer.*

*A Dios por todas las bendiciones recibidas a lo largo de mi formación académica.*

*A mis padres, por darme la vida y las enseñanzas de superación en cada escenario de mi vida.*

*A mi hija Dominique, gran inspiración en mi vida y a su madre por todo el apoyo y paciencia, brindado durante el término de mi carrera.*

*A quienes nunca se conformaron con cumplir con su trabajo sino que dieron más de sí, para construir un mundo mejor.*

*Gracias a todos por hacer de mi vida más llevadera y pertenecer a mi círculo de amigos.*

*Geovanny Rodrigo Albán Robayo*

## DEDICATORIA

*Este presente trabajo es dedicado hacia:*

*A Dios.*

*A mis padres Celia y Rene.*

*A mis hermanos y familiares.*

*A mi hija hermosa Dominique y su preciosa madre Jenny.*

*A mi tutor Ing. Raúl Pacheco.*

*Así como a mi alma mater la Universidad Técnica de Cotopaxí. En convenio con la*

*Universidad de Granma - Cuba*

## RESUMEN

La investigación fue realizada en la Fábrica de Helados de Bayamo, con el objetivo de evaluar el estado energético de esta entidad productiva. Para el desarrollo de esta investigación fue necesario realizar una búsqueda de información acerca del estado energético de Cuba y del mundo, así como de los diferentes modelos de gestión energética que se aplican en diferentes países. Sin embargo, para determinar los indicadores de gestión energética, fue necesario aplicar las herramientas de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía. Entre los principales resultados de este trabajo se pueden señalar los siguientes: Las áreas de mayor consumo de energía eléctrica son la Sala de Máquinas y la de Preparación de Sabores con un 80,4 %, el portador energético de mayor consumo en toneladas equivalente de petróleo fue la energía eléctrica con un 97 %, las variables evaluadas energía eléctrica y la producción presentan una correlación débil, ya que los valores  $R^2$  son inferiores a 0,2 en los años 2013 y 2014. Por otro lado, las variables evaluadas energía eléctrica y la producción, en el año 2015 presentaron una correlación fuerte, ya que el valor de  $R^2$  es 0,86, lo que se considera aceptable.

## **ABSTRACT**

The Investigation was accomplished at Ice-creams factory of Bayamo, for the sake of evaluating this productive entity's energetic status. It was necessary to effect a quest of information about the energetic status of Cuba and of the world for the development of this research, that way I eat of the different models of energetic step that they apply over different countries. However, in order to determine the indicators of energetic step, it was necessary to apply the Energy's tools of Total Efficient Gestation's Technology. Enter the principal results of this work they can indicate the following: Principal's areas I consume of electric power music the engine room and give it Preparation of Savors with a 80.4 %, I consume principal's energetic bearer in equivalent tons of oil the electric power went with a 97 %, the evaluated variables electric power and production present a weak correlation, right now than moral values the inferiors are  $R^2$  to 0.2 in the years 2013 and 2014. In addition, the evaluated variables electric power and production, in the year 2015 presented a loud correlation, since  $R^2$  value is 0.86, that considers itself acceptable.

I - INTRODUCCIÓN .....	1
II - DESARROLLO .....	6
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA .....	6
1.1. Algunos aspectos sobre la Fabricación de Helados.....	6
1.2. Panorama energético mundial. ....	7
1.3. La situación energética en Cuba.....	8
1.3.1. La Revolución Energética en Cuba.....	11
1.3.2 Situación actual del panorama eléctrico cubano.....	12
1.4. La eficiencia energética a nivel internacional .....	19
1.4.1. Modelos de gestión energética aplicados a nivel mundial y en Cuba. ....	22
1.4.1.1. Modelo de gestión energética mejora la competitividad de las empresas colombianas.....	22
1.4.1.2. El modelo europeo de Sistemas de Gestión Energética, según la UNE216.301/EN-16001. ....	24
1.4.1.3. Sistemas de gestión energética Basado en la Norma ISO 50001. ....	26
1.4.1.4. Modelos de gestión energética aplicados en Cuba. ....	29
1.4.1.5. Resumen de algunos sistemas de gestión energética aplicados mundialmente.....	36
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	40
2.1. Caracterización del lugar donde se realizó la investigación.....	40
2.1.1. Estructura organizativa de la empresa.....	40
2.1.2. Caracterización técnica y energética. ....	41
2.2. Metodología aplicada para evaluar la eficiencia energética.....	42
2.2.1. Herramientas aplicadas para la determinación de la eficiencia energética. ....	42
2.3 Metodología para determinación de la potencia reactiva necesaria.....	50
2.3.1. Cálculo de los kVARs del capacitor .....	51
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	54
3.1. Evaluación de la gestión energética de la Fábrica de Helados de Bayamo. ....	54
3.1.1. Estratificación de los portadores energéticos y áreas más consumidoras de energía eléctrica.....	54
3.1.2. Valoración la energía y la producción en el tiempo.....	55
3.1.3 Valoración de la correlación y dispersión de las variables evaluadas Energía Eléctrica (EE)-Producción (P). ....	56
3.2. Valoración de la Calidad de la Energía .....	61
3.2.1 Valoración del voltaje en las fases. ....	61

3.2.4 Valoración de la potencia activa.....	63
3.3.5 Valoración de la potencia reactiva .....	64
3.2.6 Valoración del Factor de Potencia .....	64
3.2.7 Valoración de las distorsiones armónicas .....	65
3.3. Valoración económica.....	66
III - CONCLUSIONES .....	68
IV – RECOMENDACIONES.....	70
V - BIBLIOGRAFÍA.....	72
VI-ANEXOS.....	75

## **I - INTRODUCCIÓN**

La energía es inseparable de la materia y todo fenómeno material está asociado a la energía. Por ello, la energía es esencial para la vida y su empleo ha llegado a estar tan indisolublemente ligado a la actividad humana que incluso la cantidad de energía consumida per cápita se utiliza como indicador del nivel de desarrollo de un país.

La mera existencia de recursos energéticos (energía primaria), sean del tipo que sean, así como su localización y cuantificación, no garantiza que tales recursos puedan llegar a ser económicamente aprovechados, o dicho de otra forma, que puedan emplearse para obtener energía útil (energía final). Para que esta última circunstancia sea posible, el recurso energético en cuestión ha de ser: técnicamente explotable, económicamente rentable y energéticamente competitivo (Lara Coira, 2007).

Para nuestro bien o para nuestro mal (sobre todo si la racionalidad no prospera en su uso y consumo), la energía es un ingrediente tan esencial en toda actividad humana que las condiciones de su suministro, tanto en cantidad como en calidad, son un factor determinante para la sostenibilidad de nuestras sociedades. (Albistur Marín, 2014)

El desarrollo actual y prospectivo de la industria y los servicios, en una economía abierta y globalizada, requiere de acciones encaminadas a reducir costos y aumentar la competitividad (Campos Avella, Dorta G, & Santos, 1995). En la actualidad los recursos energéticos han pasado de ser un factor marginal en su estructura de costos de una empresa, a constituir un rubro importante en las mismas, a la vez que, la necesidad de lograr un mayor equilibrio entre economía y medio ambiente, han convertido el ahorro y el uso eficiente de la energía en una herramienta fundamental para lograr este objetivo, manteniendo el nivel de rentabilidad empresarial (A. E. Borroto Nordelo, Viego Felipe, Lapido, & Monteagudo Yanes, 2001).

Hasta el momento, el problema de explotar el recurso eficiencia energética se ha efectuado de una forma muy limitada, fundamentalmente mediante la realización de

diagnósticos energéticos para detectar las fuentes de niveles de pérdidas, y posteriormente definir medidas o proyectos de ahorro o conservación energética. Esta vía, además de obviar partes de las causas que provocan baja eficiencia energética en las empresas, generalmente tiene baja efectividad para realizarse muchas veces sin la integralidad, los procedimientos y los equipos requeridos, por limitaciones financieras para aplicación de los proyectos, sobre todo, por no contar la empresa con la cultura ni las capacidades técnico administrativas necesarias donde se pueda realizar el seguimiento y control requerido para lograr un adecuado nivel de consolidación de las medidas aplicadas (A. E. Borroto Nordelo et al., 2001; Carretero Peña, 2012b; Correa Soto et al., 2014).

Los análisis realizados en numerosas empresas, ponen de manifiesto el insuficiente nivel de gestión energética existente en muchas de ellas, así como las posibilidades de reducir los costos energéticos, mediante la creación en las empresas, de las capacidades técnicas organizativas para administrar eficientemente la energía (A. E. Borroto Nordelo et al., 2001).

La Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía, ha mostrado la posibilidad de reducir los consumos energéticos de las empresas, fundamentalmente con medidas técnico-organizativas y de baja inversión, así como organizar el control de gestión de ahorro y conservación de los portadores energéticos, identificando el grupo de soluciones técnicas más favorables a los problemas de suministro de energía. Esta tecnología ha sido diseñada con la filosofía de las ISO 9000, por lo que su implementación se inserta en los procesos de certificación y perfeccionamiento, contribuyendo a la cultura de la organización en cualquier centro de trabajo, ya sea de la producción o destinados a los servicios (A. E. Borroto Nordelo et al., 2001; Fernández Velázquez, Carbonell Morales, & Aballe Infante, 2014; Monteagudo Yanes & Gaitan R., 2005.).

Los centros de fabricación de helados poseen un alto consumo de electricidad, debido fundamentalmente a los diferentes equipos utilizados durante el proceso de fabricación de este producto lácteo. Sin embargo, no siempre se establecen indicadores energéticos que propicien el control de cuanto se consume de electricidad

en dependencia de lo que se pretende producir. Por ejemplo, en la Fábrica de Helados de Bayamo, a pesar de que se toman diariamente los datos de los consumos energéticos, no se controlan adecuadamente los indicadores energéticos, trayendo como consecuencia un uso irracional de la energía eléctrica. De hecho, durante el periodo analizado (años 2013, 2014 y 2015) la Fábrica de Helados de Bayamo había sido penalizada por poseer bajo el factor de potencia, debido fundamentalmente por tener un alto porcentaje de motores eléctricos trabajando con más de 10 años de explotación, trayendo como consecuencia el aumento de consumo de energía reactiva.

Teniendo en cuenta los elementos anteriormente expuestos se tratará el siguiente **Problema de Investigación:** Los procedimientos aplicados actualmente en la Fábrica de Helados de Bayamo, no permiten evaluar eficientemente el estado energético de dicha entidad productiva.

**Hipótesis:** Si se evaluaran correctamente los indicadores energéticos en la Fábrica de Helados de Bayamo, es posible aumentar la eficiencia energética trayendo como consecuencia la disminución de los costos energéticos por este concepto.

**Campo de Acción:** Eficiencia Energética Empresarial (Fábrica de Helados de Bayamo).

**Objeto de la Investigación:** El estudio de los Portadores Energéticos

**Objetivo General:** Evaluar la gestión de la eficiencia energética en la Fábrica de Helados de Bayamo.

**Objetivos Específicos:**

1. Realizar una revisión bibliográfica acerca del tema de investigación.
2. Determinar los indicadores energéticos mediante la aplicación de las herramientas de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la energía durante el periodo 2013, 2014, primer semestre de 2015 en la Fábrica de Helados de Bayamo.
3. Valorar la gestión energética de la Fábrica de Helados de Bayamo
4. Evaluar económicamente el consumo energético en la Fábrica de Helados de Bayamo

**Métodos de Investigación aplicados:**

**Histórico Lógico:** En este método se estudia los antecedentes del tema teniendo en cuenta la investigación preliminar y sus resultados respectivos reflejados en la bibliografía.

**Análisis y Síntesis:** Se realiza con el objetivo de estudiar, revisar y analizar estudios referentes a la temática concluyendo con síntesis de cada una de las etapas.

**Estadístico-Matemático:** Se aplicó en el capítulo 3, para determinar los indicadores energéticos de acuerdo a lo aplicado en la Tecnología Total Eficiente de la energía.

## **CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN Y ESTADO ACTUAL DELTEMA**

## **II - DESARROLLO**

### **CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA**

#### **1.1. Algunos aspectos sobre la Fabricación de Helados.**

La producción de helados crema consta de varios ingredientes como: grasa, sólidos lácteos no grasos, azúcares, edulcorantes distintos del azúcar, emulsionantes, estabilizantes, agentes aromatizantes y colorantes, etc.(Gram Equipment A/S, 2002).

Cuando se produce helados a gran escala, la mezcla pasa a través de un filtro y a un depósito de regulación desde donde se bombea a un intercambiador de calor de placas que la precalienta de 73 a 75 °C. La grasa vegetal se dosifica y se mezcla en una mezcladora en línea, para ser homogenizada y pasteurizada por lotes por un mezclado inicial a 70 °C durante 30 min. A continuación se homogeniza la mezcla y se pasa a 5 °C de temperatura a un intercambiador de calor de placas, para pasar a continuación a la temperatura de maduración. En las plantas que trabajan grandes volúmenes, la mezcla homogenizada se retorna al intercambiador de calor de placas y se pasteuriza de 83 a 85 °C durante unos 15 s, pasando la mezcla pasteurizada a un tanque de maduración a la temperatura de 5 °C. La mezcla debe madurar durante unas cuatro horas a una temperatura de 2 a 5 °C, siendo ligeramente agitada. Esta maduración proporciona tiempo para que el estabilizante surja efecto y cristalice la grasa.

Los objetivos del proceso de congelación continua son la incorporación de una cantidad de aire controlada a la mezcla y congelamiento del contenido de agua de la mezcla de forma que se obtiene un gran número de cristales de hielo pequeños. En las congeladoras continuas, se bombea la mezcla hacia el exterior de un cilindro refrigerado por una camisa donde se bombea amoníaco. Luego de este proceso una cuchilla giratoria raspa continuamente la capa de mezcla congelada sobre la pared del

cilindro. A continuación, la mezcla pasa a una mezcladora continua donde se introduce aire en emulsión y se congela la mezcla entre -3 y -6 °C. Al helado para dar diferentes sabores se introducen frutas y otros ingredientes que provocan el delicioso sabor según sus tipos. Los helados una vez obtenidos se envejecen en cámaras de congelación que pueden alcanzar valores de temperatura hasta -40 °C.

Los helados pueden ser extruidos por medio de bandejas que poseen diferentes formas. En dependencia de los moldes se vierte el helado a los diferentes envases.

La producción de helados en Cuba se lleva a cabo en todas las provincias del país, en estas entidades estatales se consumen un alto porcentaje de toneladas equivalentes de petróleo de energía eléctrica. En la industria láctea, intervienen una serie de equipos que consumen un alto porcentaje de energía eléctrica, entre estos se pueden considerar los siguientes: Bombas, compresores, motores eléctricos de las mezcladoras, etc.

De hecho, el estado cubano a raíz de los conflictos energéticos que acontecen a nivel mundial, ha implementado algunas políticas con el objetivo de mitigar estos efectos de los consumos energéticos.

## **1.2. Panorama energético mundial.**

Según vaticina la *International Energy Outlook (IEO2013)* (2013) el consumo de energía mundial crecerá en 56 % entre 2010 y 2040. El levantamiento del uso de energía mundial en el 2010 creció en 524 cuatrillones de unidades térmicas británicas (BTU), para el 2020 se espera que aumente a 630 cuatrillones de BTU y a 820 cuatrillones BTU en 2040. EL crecimiento en el consumo de energía ocurrirá en los países fuera de la Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo (OECD), conocido como non-OECD la demanda se maneja por el crecimiento económico fuerte, a largo plazo.

El uso de energía en los países NON-OECD aumentó en 90 %, mientras que en los países de OECD el aumento es de 17 %. Es obvio que las fuentes de energía renovables mundiales están creciendo rápidamente con un aumento del 2,5 % por año. Sin embargo, los combustibles fósiles continuaran proporcionando casi 80 % de

uso de energía mundial en el periodo de referencia. El gas natural es el combustible fósil de más rápido crecimiento: los aumentos globales de consumo de gas natural son de 1,7 % por año. El uso de carbón crecerá más rápido que el de petróleo u otro combustible líquido hasta después del 2030, debido principalmente a los aumentos en el consumo de carbón en China, atribuido al crecimiento lento en las regiones de OCDE y los precios altos de los combustibles.

Por otra parte, el sector industrial continúa siendo la porción más grande de consumo de energía entregada, ya que consumirá por encima de la mitad de energía entregada global en 2040. Las políticas actuales dadas y las regulaciones que limitan el uso de combustible fósil, las emisiones de dióxido de carbono energía-relacionadas mundiales suben de aproximadamente 31 mil millones toneladas métricas en 2010 a 36 mil millones toneladas métricas en 2020 y entonces a 45 mil millones toneladas métricas en 2040, lo que provoca un aumento del 46 %.

### **1.3. La situación energética en Cuba.**

Cuba no está exenta de la situación energética internacional, y en torno a esto arrastró una de las peores crisis electro-energéticas de su historia, pues contaba con 10 plantas termoeléctricas; con una capacidad instalada de 3958 MW, donde el 72,77 % le correspondía a las termoeléctricas, los auto productores de Níquel y MINAZ con el 16,52 %; la Hidroeléctrica con el 1,48 %; las turbinas de gas con el 7,88 % y el resto pertenecía a la eólica. Estas plantas tienen 46 unidades de generación; sin embargo, debido a varias causas, como por ejemplo: las averías, la falta de mantenimiento en el tiempo planificado y el uso de combustible no idóneo para su operación, provocaron que la capacidad real de generación fuera de 1200 MW\*h. El consumo de electricidad se concentraba en la industria, el sector residencial y los servicios con más del 95 % (Cereijo, 2005; Pacheco Gamboa, 2006).

Por su parte, la demanda de energía eléctrica en Cuba se redujo de 2,500 MW\*h en el 1989 a 950 MW\*h en el 2005, debido al gran número de industrias paralizadas, así como a una baja en el consumo agrícola y doméstico (Cereijo, 2005).

En torno a esto la crisis se hizo más aguda debido a los accidentes ocurridos en mayo del 2004, en la central termoeléctrica matancera Antonio Guiteras, lo que unido a la falta de suministro de combustible por parte de la antigua URSS provocó que la nación cubana sufriera de enormes apagones, que en ocasiones fueron por más de 10 horas. En este período la generación de electricidad era de 15673 GW\*h y el 78 % de esta generación le correspondía a las termoeléctricas, en tanto que el resto se repartía en las turbinas de gas, las plantas diésel, hidroeléctricas, entre otros (Pacheco Gamboa, 2006).

Es por estos motivos que la falta del suministro del petróleo golpeó fuertemente a la economía nacional dañando algunos sectores, e incluso provocando el cierre de algunas fábricas. De ahí que el estado cubano determinó priorizar a las empresas exportadoras y a los servicios sociales básicos en cuanto al suministro energético.

En medio de esta situación se logran algunos convenios con la República Bolivariana de Venezuela y otras entidades exportadoras de combustibles. Entre uno de los acuerdos realizados con Venezuela se encuentra la venta a Cuba de 53 000 barriles diarios de petróleo (2,5 millones de toneladas anuales), donde el 80 % de los suministros se pagarían a precios del mercado mundial y en los 90 días posteriores a la entrega. El plazo de pago para el 20% restante podría estar entre los 5 y 20 años, en dependencia del precio promedio anual que alcanzara el petróleo (Zonas calientes, 2004).

A los convenios establecidos se sumó el descubrimiento de un yacimiento de petróleo de calidad, a escasos kilómetros de Santa Cruz del Norte en la provincia Camagüey, con reservas probadas de 14 millones de toneladas de crudo, lo que prometía restaurar e incrementar los niveles de extracción y dar un alivio importante a la demanda energética de Cuba. Según expertos, la explotación de ese yacimiento podría llegar a producir hasta un millón de toneladas al año, alrededor de la cuarta parte de la producción actual del país (Revista Bohemia, 2005).

El gobierno cubano mantuvo la política de impulsar la extracción del crudo nacional y del gas acompañante, de aquí que en el período de 1990 al 2004 se produce un

amplio crecimiento de ambos portadores energéticos, donde el gas representó un 25 % y el petróleo un 31 %.

No obstante a estas medidas, el sistema eléctrico nacional se mantuvo dañado en el 2005 debido fundamentalmente a las diferentes averías en las plantas generadoras (Felton: Termoeléctrica Lidio Ramón Pérez, Renté Termoeléctrica Antonio Maceo, etc.); sin embargo, da señales de estabilidad en los primeros meses del 2006, aunque se mantuvieron en vigor las medidas de ahorro y contingencia. Por otro lado, el elevado precio del petróleo, que para ese periodo estuvo por encima de los \$ 60/barril, hizo que el país invierta cada año más de 1200 millones de dólares en la importación de este recurso (Pacheco Gamboa, 2006).

Durante el período 2005-2006, el gobierno cubano decide tomar una serie de alternativas con el objetivo de aprovechar al máximo los recursos que hoy disponemos para la generación de energía eléctrica y desarrollar programas para el uso de las fuentes de energías renovables en conjunto con las tradicionales, pero con más eficiencia.

Producto a los factores antes descritos, el estado cubano anuncia un cambio total en la concepción de generar energía eléctrica, y traza como política una serie de programas energéticos que se denominaron Revolución Energética (RE), la cual se define como la puesta en práctica de nuevas concepciones para el desarrollo de un Sistema Electroenergético Nacional (SEN) más eficiente y seguro (Gaseta Oficial, 2006).

El actual esquema energético del país requiere ser transformado en aras de producir una energía más limpia, diversa y eficiente.

Para poner en práctica la política para el desarrollo perspectiva de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía, se crea en el 2012 una comisión integrada por 8 Organismos de administración central del estado (OACE) como son: el MEP, MINEM, MINAG, MINDUS, MINCEX, MINTUR, MINAL, CITMA), 2 OSDE (AZCUBA, UNE), 6 centros universitarios (CUJAE, UH, UCVC, UCFG, UCMG, UOTE), así como la comisión permanente para la Implementación y Desarrollo de los Lineamientos del

Partido y la Revolución, presidida por el comandante de la Revolución Ramiro Valdés, cuyos objetivos estratégicos son los siguientes:

- Aumentar el % de utilización de las Fuentes Renovables de Energía
- No incrementar la dependencia de importaciones de combustibles para la generación (%)
- Reducir los costos de la energía entregada por el SEN
- Reducir la contaminación medioambiental. Gramos de CO<sub>2</sub> por kW\*h servidos.

### **1.3.1. La Revolución Energética en Cuba.**

La Revolución Energética en Cuba ha significado un acelerado despegue en la aplicación de las tecnologías energéticas renovables (Gaseta Oficial, 2006).

La creación de una Comisión Nacional para la atención a las Fuentes Renovables de Energía, la Eficiencia Energética y la Cogeneración; la creación de un Vice-Ministerio de Energías Renovables adjunto al Ministerio de Energía y Minas; la implementación de programas para el desarrollo de la generación de electricidad basada en la energía eólica; el uso de la energía solar para el calentamiento de agua de uso doméstico, social y con fines industriales; el desarrollo de la capacidad hidroeléctrica y el aprovechamiento de los desechos sólidos con fines de valorización energética, así como la investigación sobre la energía geotérmica, energía oceánica y otras tecnologías, demuestran todos los avances del país a favor de una inclusión cada vez mayor de tecnologías energéticas renovables dentro del modelo de Generación Distribuida.(Gaseta Oficial, 2006)

En el país se han instalado 7098 sistemas fotovoltaicos (2,57 MW), con el apoyo de organizaciones no gubernamentales extranjeras y a partir de programas gubernamentales como el de la electrificación de todas las escuelas rurales del país. Este último hizo posible la instalación de estos sistemas en 2364 escuelas rurales aisladas, lo que permitió a todos los niños en edad escolar primaria acceder a iluminación eléctrica eficiente, computadoras y televisión educativa. (Gaseta Oficial, 2006)

En cuanto a la bioenergía, existe experiencia en el país en el uso de bagazo (residuos de la caña de azúcar) para producir energía térmica para el proceso de producción de azúcar y para generar electricidad que satisfaga la demanda de las centrales y enviar el excedente a la red nacional. La industria azucarera sigue siendo un componente estratégico del desarrollo de las fuentes nacionales de energía, aunque después de la crisis económica de la década de 1990, la proporción del empleo de la biomasa cañera en el conjunto de las fuentes primarias de energía usadas en Cuba ha disminuido.

La evaluación del recurso eólico para la generación de electricidad se ha acelerado desde el comienzo de la Revolución energética. Hoy día, el país tiene tres herramientas fundamentales para la toma de decisiones en la instalación de parques eólicos: el mapa de evidencias ecológicas del viento; el mapa de riesgo de huracanes, inundaciones y tormentas eléctricas, y el mapa eólico nacional. Hay un amplio programa para la aplicación del biogás, la biomasa forestal, hidroenergía, la energía solar fotovoltaica, energía solar térmica y eólica. Se espera que el territorio cubra el 40 por ciento de su demanda de electricidad a partir de fuentes renovables de energía de aquí a 2013.

### **1.3.2 Situación actual del panorama eléctrico cubano.**

En la figura se muestra como el país aumentó la generación de electricidad desde el año 2001 hasta el 2014, obedeciendo a las demandas energéticas actuales, destacándose las obtenidas por las fuentes y los servicios públicos (ONEI, 2014).

Por su parte en el gráfico representado en la figura 1.2 se muestra el incremento de la generación de electricidad por tipo de planta, donde las termoeléctricas aún siguen siendo el sostén energético nacional, seguido de los grupos electrógenos (ONEI, 2014).

Actualmente en Cuba las energías renovables representan sólo el 4,3% de la generación eléctrica del país, aunque para el 2030 se prevé sean el 24% de esa generación.

El país produce hoy 18 mil millones de kW\*h cada año aplicando estas fuentes de energía. Por tanto, para el 2030 se prevé alcanzar los 30 mil millones de kW\*h. Más de la mitad de ese crecimiento se hará a través de fuentes renovables de energía

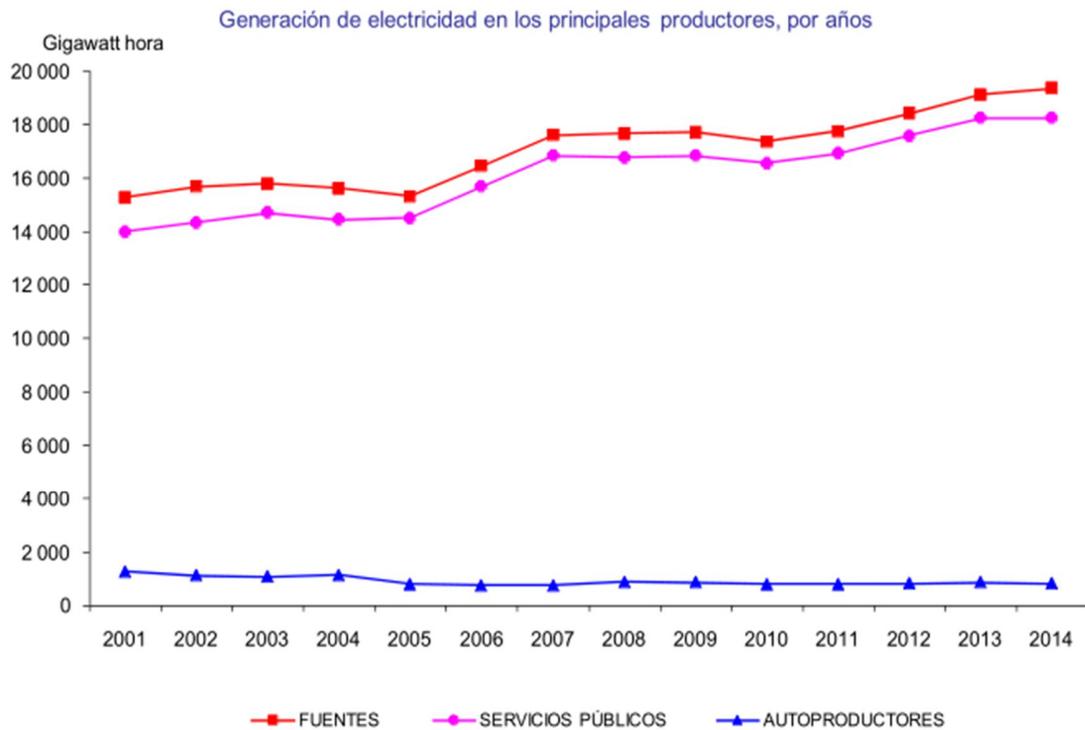


Figura. 1.1 Generación de electricidad por productores

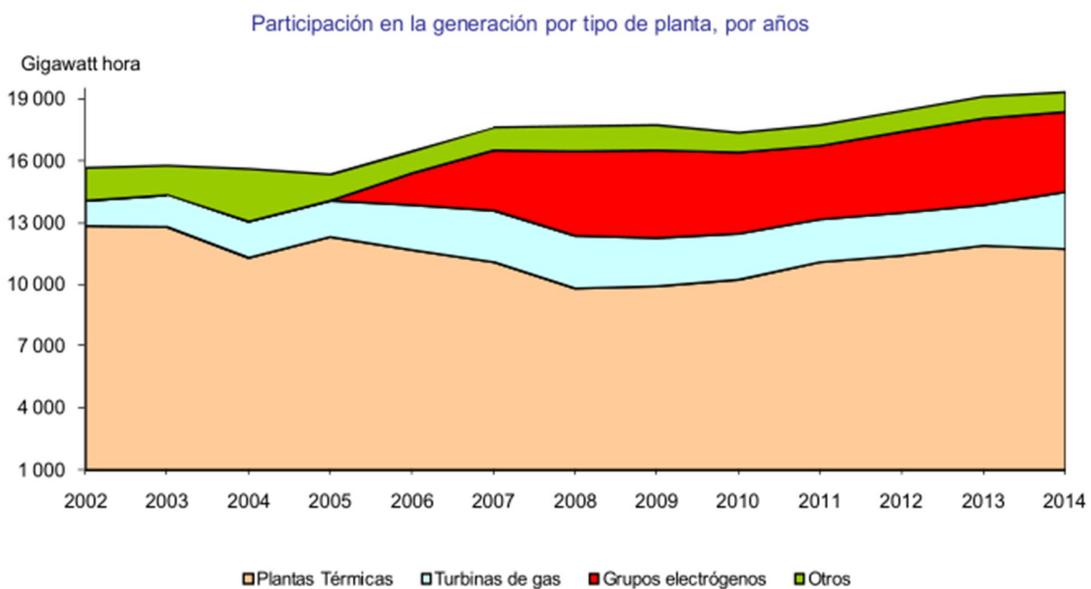


Figura 1.2 Comportamiento de la generación de electricidad por plantas

Con esos objetivos se potenciará el desarrollo de la energía eléctrica producida a partir de fuentes renovables por ejemplo:

**a) Desarrollar la energía eólica en el país.**

Para el desarrollo del Programa Eólico se cuenta con la experiencia adquirida durante la operación de los 4 parques eólicos existentes en el país (Cubadebate, 2014).

- Provincia de Ciego de Ávila, Turiguano 1999: 2AGx 225kW
- Municipio especial Isla de la Juventud, Los Canarreos 2007: 6 AGx 275 kW
- Provincia de Holguín, Gibara 1: 6AGx 275kW
- Provincia de Holguín, Gibara 2: 6AGx 850kW

Se cuenta con un mapa eólico de todo el país, ver figura 1.3, donde se pueden apreciar que las mayores potencialidades están en el norte del territorio Centro-Oriental.

- Se prevé instalar una capacidad de generación de 633000 kW.
- Lo que requerirá 1120 MM USD.
- Tiempo de recuperación de 4 a 6 años.

Los análisis técnicos recomiendan la instalación en el Sistema Eléctrico de unos 633000 kW ubicados en 13 lugares. Como puede observarse las principales posibilidades están en el norte de las provincias de Ciego de Ávila, Camagüey, Las Tunas, Holguín y en el municipio Maisí de la provincia de Guantánamo.

Se trabaja ya en la construcción de un parque eólico de 51000 kW en la provincia de Las Tunas.

Es estratégica la participación de la industria nacional en la fabricación de varias de las partes que forman un Aerogenerador, esto permitiría reducir los costos de importación y la creación de fuentes de empleo.

Una vez instalada toda la capacidad, se estima la generación de 1630 Millones de kWh/año, el 5,4 % del total de la energía prevista para el año 2030.



Figura 1.3 Mapa eólico del país. (Cubadebate, 2014)

**b) Desarrollo de la energía fotovoltaica solar:**

Para el desarrollo de este programa se tendrán presentes las primeras experiencias en el uso de esta tecnología en pequeños sistemas conectados al Sistema Eléctrico y en más de 8000 sistemas aislados (Cubadebate, 2014).

En los últimos dos años se han instalados 12000 kWp en 8 parques, y se trabaja en la instalación de 10000 kWp antes del primer trimestre del 2015 (Cubadebate, 2014).

La potencia a instalar según los estudios realizados es de 700000 kWp y su ubicación debe ser lo más cerca posible a los consumidores, utilizando los techos de los principales consumidores que reúnan las condiciones necesarias y en tierras sin valor agrícola (Cubadebate, 2014).

La capacidad actual de ensamblaje de 10000 kWp en paneles fotovoltaicos en la Empresa de Componentes Electrónicos “Ernesto Che Guevara” de la provincia de Pinar del Río con posibilidad de ampliación hasta 50000 kWp anualmente, así como la

fabricación de las estructuras soporte en la planta de galvanizar de “Nueva Paz” y en un futuro próximos en otras fábricas del grupo GSIME, representan sin dudas fortalezas para el desarrollo del uso de esta fuente. Hoy se logra que la industria participe en un 60 % de la inversión (Cubadebate, 2014).

Al estar instalada toda la capacidad, se estima la generación de 1050 Millones de kW\*h/año, el 3.5% del total de la energía prevista para el año 2030.

#### **c) Desarrollar la hidroenergía**

En el país se encuentran funcionando 147 instalaciones de generación con energía hidráulica, de ellas 30 están conectas al Sistema Eléctrico y 117 están aisladas, las cuales brindan servicio a 8486 viviendas y 416 objetivos económicos y sociales (Cubadebate, 2014).

El potencial disponible permite llegar en los próximos años a más de 100000 kW, para lo cual hay que instalar unos 56000,88 kW en presas y trasvases (Cubadebate, 2014).

#### **d) Desarrollar las bioeléctricas**

La industria azucarera cubana está llamada a contribuir en el cambio de la matriz energética nacional con una participación del 14 % en el 2030, con inversiones que irán incorporando paulatinamente como se establece en la política aprobada. Esto es factible a partir del programa de crecimiento cañero, la disponibilidad de cultivo de la caña en las áreas aledañas a los centrales y su sincronización al Sistema Electro energético Nacional, con una infraestructura agrícola e industrial distribuida en toda la isla, lo que reduce las pérdidas de distribución.

Esta es una industria que produce su propio combustible el cual es renovable y amigable con el medioambiente, ya que el CO<sub>2</sub> que emite el bagazo al quemarse en las calderas ya la caña lo absorbió por fotosíntesis al crecer, no incrementándose su presencia en la atmósfera durante este proceso fabril.

En su proyección estratégica AZCUBA, contempla el programa denominado Bioeléctricas, que consiste básicamente en elevar los parámetros de eficiencia del área termo energética de 19 centrales, para generar altos niveles de electricidad

excedente y con ello poner en marcha hasta el 2030 unos 755000 kW con alta eficiencia (Cubadebate, 2014).

En la figura 1.4 se muestran las bioeléctricas instaladas en todo el país. Los complejos agroindustriales azucareros donde se encuentran estas bioeléctricas son los siguientes:

- 30 de noviembre en la provincia de Artemisa.
- Héctor Molina en la provincia de Mayabeque.
- Jesús Rabí y Mario Muñoz en la provincia de Matanzas.
- Panchito Gómez Toro y Héctor Rodríguez en la provincia de Villa Clara.
- 5 de septiembre en la provincia de Cienfuegos.
- Uruguay en la provincia de Sancti Spíritus.
- Ciro Redondo y Ecuador en la provincia de Ciego de Ávila.
- Brasil y Batalla de las Guásimas en la provincia de Camagüey.
- Majibacoa y Antonio Guiteras en la provincia de Las Tunas.
- Cristino Naranjo, Urbano Noris y Fernando de Dios en la provincia de Holguín.
- Grito de Yara en la provincia de Granma.
- Julio Antonio Mella la provincia de Santiago de Cuba.

Aunque la misión primaria del área termo energética de estos 19 centrales será siempre garantizar las energías térmica y eléctrica necesarias para producir azúcar, ellos estarán en condiciones de cogenerar con alta eficiencia durante los 150 días de zafra y un tiempo adicional con biomasa cañera almacenada y marabú.

Ya se negocian con mayor avance 3 de ellos; Jesús Rabí, Ciro Redondo y 5 de septiembre que serán los primeros 140000 kW a poner en marcha en los próximos años.



Figura 1.4 Mapa de las Bioeléctricas que funcionarán en el país. (Cubadebate, 2014)

Con el objetivo de que se reduzcan los costos inversionistas con el tiempo, se organiza el encadenamiento con la industria nacional entre las empresas de AZCUBA y las empresas del MINDUS para la fabricación de calderas de medios y altos parámetros del vapor en la Fábrica de Calderas de AZCUBA y el desarrollo de componentes como estructuras metálicas, en la planta METUNAS. También con las empresas del MICONS se trabaja de conjunto en la planificación de su construcción y montaje (Cubadebate, 2014).

Asimismo, se realiza en convenio con las empresas del MINAG y el MINDUS buscando la forma más eficiente para asegurar el suministro de marabú de tierras aledañas a estos centrales, (que en un futuro se podrán destinar a alimentos y a plantaciones energéticas) y con la UNE respecto al enlace con el SEN (Cubadebate, 2014).

#### **1.4. La eficiencia energética a nivel internacional**

Según Cañizares et al (2014), la elevación de la eficiencia energética puede alcanzarse por dos vías fundamentales, no excluyentes entre sí:

- Mejor gestión energética y buenas prácticas de consumo, de operación y mantenimiento (administración de energía-medidas técnico organizativas) .
- Tecnologías y equipos de alta eficiencia en remodelaciones de instalaciones existentes o en instalaciones nuevas (inversiones).

La gestión energética está vinculada a cinco tipos de programas que se han desarrollado en el mundo, tendientes a lograr una optimización de la eficiencia energética como son:

##### **1) Gestión del lado de la demanda.**

Los países en vía de desarrollo se valen principalmente, de auditorías energéticas, campañas informativas y mecanismos incentivadores de la demanda (descuentos o devolución de impuestos), para lograr que productos energéticamente eficientes penetren en el mercado. Un indicador común para medir el impacto ha sido el de los kW\*h año ahorrados; y para captar recursos para operar los programas han recurrido a cofinanciamiento y donaciones de agencias multilaterales (Birner & Martinot, 2005).

El menú de alternativas, como Birner y Martinot (2005) lo denominan, y que han sido implementadas en diferentes países en vías de desarrollo, comprende campañas educativas dirigidas a los consumidores sobre características, costos y beneficios de las Tecnologías Energéticas Eficientes (TEE); campañas comunicativas para incrementar la sensibilidad del consumidor y lograr una mayor difusión de las TEE, reducción de los precios de comercialización de la tecnología mediante reembolsos o subsidios, realización de compras masivas y apertura de licitaciones , provisión de mecanismos de financiación para los consumidores, establecimiento de programas de recompra y reciclaje tecnológico, y facilitación de acuerdos voluntarios para consumidores industriales para mejorar el uso adecuado de la energía. Como se

puede apreciar dependiendo de la problemática que se requiera intervenir, una única alternativa no resulta suficiente para lograr el impacto deseado.

## **2) Gestión del lado de la oferta**

Las transformaciones del mercado deben ser complementadas desde la oferta con el fin de dar un mayor realce a las fuerzas del mercado. Así, las intervenciones van tanto del lado de la demanda como del lado de la oferta, intervenciones que conjuntamente permiten una efectiva transformación del mercado (Birner & Martinot, 2005; Sarkar & Singh, 2010).

En este sentido, Birner y Martinot (2005), identifican varias alternativas que se han fungido del lado de la oferta: provisión de asistencia técnica y transferencia de conocimiento técnico a los fabricantes para actualizar sus diseños de productos o mejorar en calidad; apoyo en el desarrollo de estándares mínimos de eficiencia y códigos en construcción; facilitación de acuerdos voluntarios con fabricantes y distribuidores; provisión de incentivos financieros a los fabricantes y comercializadores; provisión de pruebas de calidad, y financiamiento para la actualización de fabricantes.

De acuerdo a lo esbozado en Birner y Martinot (2005), tanto el manejo del lado de la demanda como del lado de oferta, suponen que nuevas instituciones y cambios regulatorios ayuden a exhibir resultados más satisfactorios en la transformación del mercado y su sostenibilidad en el tiempo.

## **3) Manejo mediante Empresas de Servicios Energéticos (ESCO)**

Otro mecanismo que ha sido utilizado y que ha dado señales para encausar las medidas en pro de un uso más adecuado del recurso energético, es el enfoque de programas de eficiencia energética mediante Empresas de Servicios Energéticos (ESCO). El objetivo central de este tipo de compañías es orientar a los consumidores en la identificación, empaquetamiento, financiación, ejecución y supervisión de proyectos de ahorro energético y ayuda prestada mediante la forma de energy performance contract (Sarkar & Singh, 2010). Se aduce que la ventaja de este modelo es que permite direccionar y superar barreras institucionales. No obstante, las

condiciones locales de los mercados determinarán que tan efectiva puede ser la gestión energética mediante este esquema.

#### **4) Mecanismos financieros**

Otra forma de promover programas de eficiencia energética ha sido mediante el uso de canales financieros que van desde creación de fondos especiales, líneas de crédito, programas de garantía de préstamos, hasta subsidios y concesiones (Sarkar y Singh, 2010).

Estas medidas generales de implementación de programas tendientes a que se incorporen medidas de eficiencia energética en los diferentes eslabones económicos, presentan dificultades de implementación y se hace necesario un enfoque con visión de largo plazo para validar resultados satisfactorios y aprehensión por parte de los agentes económicos (Sarkar y Singh, 2010).

#### **5) Programas de eficiencia energética a nivel empresarial**

A continuación se presentan dos programas de propósito y campo específicos de la eficiencia energética a nivel empresarial, para lo cual se reseñan la experiencia alemana y la sueca. En el caso alemán, la gestión energética se ha implementado mediante el establecimiento de Redes Locales de Aprendizaje en Eficiencia Energética (RLAEE). Las características de las RLAEE han sido: recolección de información sobre el uso de la energía por parte de las firmas; auditorías en sitio; reuniones regulares monitoreadas por expertos (4 veces al año); acuerdos sobre objetivos conjuntos para el mejoramiento de la eficiencia energética, y reducción de emisiones y monitoreo especializado (Jochem & Gruber, 2007). En general los participantes de las redes han confirmado la reducción importante de costos de transacción y una mayor implantación debido a las reuniones, experiencias y know-how compartidos, y expertos invitados (Jochem & Gruber, 2007).

En fin, se puede concluir que la eficiencia energética constituye hoy una herramienta indispensable de una empresa ya sea dedicada a los servicios y actividades productivas (Albistur Marín, 2014; Del Pilar Castrillon, González, & Quispe, 2013)

(Carrillo Rojas, Andrade Rodas, Barragán Escandón, & Astudillo Alemán, 2014)  
(Correa Soto et al., 2014).

#### **1.4.1. Modelos de gestión energética aplicados a nivel mundial y en Cuba.**

Los modelos de gestión energética aplicados a nivel mundial persiguen como único objetivo, la reducción de los consumos energéticos con una mayor producción o servicio posible. Para poder analizar estos, nos basaremos en la descripción de una serie de modelos de gestión energética que se tratarán de forma independiente.

##### **1.4.1.1. Modelo de gestión energética mejora la competitividad de las empresas colombianas.**

Un antecedente en este campo lo constituye la Norma MSE 2000 “Management System for Energy”, desarrollada por el Georgia Tech Energy and Environmental Management Center (EEMC) y adoptada en los Estados Unidos como norma nacional ANSI/MSE 2000, la cual establece los elementos requeridos para un programa sostenible y de mejoramiento continuo de la gestión energética organizacional (Cadena, 2007 ; J. C. Campos Avella et al., 2008)

Otra experiencia importante lo constituye la Norma IEEE Std 739-1995: “Recommended Practice for Energy Management in Industrial and Commercial Facilities,” del Institute of Electrical and Electronics Engineers, reconocida también como Norma Nacional Americana (ANSI). El Modelo de Gestión Integral de la Energía, ( MGIE), fue desarrollado en el marco del proyecto de investigación 'Programa de Gestión Integral de la Energía para el Sector Productivo Nacional' adelantado por el Grupo de Investigación en Energías,( GIEN), de la Universidad Autónoma de Occidente y el Grupo de Investigación en Gestión Eficiente de la Energía,( KAI), de la Universidad del Atlántico, con el financiamiento de Conciencias y la Unidad de Planeamiento Minero Energético, (UPME), del Ministerio de Minas y Energía. En el mismo se fomenta la sostenibilidad ambiental y se propone la gestión integral de la energía para alcanzar ahorros hasta del 25 % en costos energéticos, visibles antes del primer año de su aplicación, y será puesto al servicio de las pequeñas, medianas y grandes empresas colombianas (J. C. Campos Avella et al., 2008).

En este modelo de Gestión Integral de la Energía, similar en su espíritu a los sistemas de mejora continua de la calidad, la propuesta concilia el interés común de preservar el medio ambiente por parte de los seres humanos y el sector empresarial, se oriente a reducir sus costos de operación y aumentar su competitividad.

Solo en la primera de sus tres etapas, en la que se efectúa la caracterización energética e identificación de potenciales de ahorro, se logra reducir, con poca o ninguna inversión, a partir de la actualización de la estructura técnica organizativa de los procesos y la concientización del personal, los costos energéticos hasta un 20 %.

En las empresas donde se ha aplicado un modelo preliminar (Cerro Matoso S.A. de Córdoba, Industrias del Maíz de Cali, Lamitech S.A. de Cartagena), se han logrado ahorros de entre 400 y 650 millones de pesos anuales mientras las inversiones en la implementación estuvieron en un rango de 50 a 70 millones.

El ahorro se mantiene a lo largo de los años porque se establecen procedimientos, normas, sistemas de entrenamiento y capacitación de personal y herramientas de software, de evaluación y de mantenimiento, para aumentar la eficiencia energética de las empresas, indicó Juan Carlos Campo, director del Grupo de Investigación de Gestión Eficiente de la Energía de la Universidad del Atlántico.

El proyecto de investigación incluyó la implementación del MGIE en Fagrade S.A. del Grupo Empresarial Team, en Barranquilla y Biofilm S.A. del Grupo Empresarial Sanfor, en Cartagena, en calidad de empresas demostrativas. La implementación se inició en enero-julio del 2007, arrojando resultados exitosos. El MGIE fue construido analizando las ventajas y experiencias de otros modelos similares realizados y aplicados en diferentes países del mundo como Cuba, Estados Unidos, Canadá, India y México, e incorpora software y tecnologías desarrolladas en el proyecto que lo ponen al alcance de todas las empresas (J. C. Campos Avella et al., 2008; Vidal Medina, Quispe, Prías, & Campos Avella, 2006).

Además, para masificar su implementación en la industria colombiana este modelo se ubicó en la página Web de la Unidad de Planeamiento Minero Energético, en un portal donde se podrá acceder a las herramientas de gestión energética, bases de

datos informativas para evaluar el nivel actual de gestión energética y conocer el potencial de ahorro económico.

### **Etapas de implementación del MGIE.**

Por formular cambios en la cultura energética empresarial, el modelo debe incorporarse a la estructura organizativa de la entidad, lo que significa que su aplicación está directamente ligada a la voluntad política de la dirección.

- Así, la primera etapa muestra a la dirección, mediante la caracterización energética de la empresa, dónde tiene pérdidas y cuáles son los potenciales de ahorro e identifica la serie de proyectos a desarrollar a corto, mediano y largo plazo, con el objetivo de brindar datos para el análisis de rentabilidad de la estrategia y facilitar la toma de decisión de implementarla o no.
- La segunda etapa consiste en la adecuación organizativa y locativa de la empresa en función de la eficiencia energética integral, que incorpora aspectos como la capacitación del personal, cambios de procedimientos de mantenimiento, operación y producción; evaluación tecnológica, medición de generación y uso de energía, incorporación de modelos tecnológicos e intervenciones de empresas contratistas especializadas en procesos de mediciones y optimizaciones, entre otros.
- La tercera etapa propone el seguimiento constante al modelo de gestión, midiendo los ahorros efectivos de acuerdo con las medidas de eficiencia energética incorporadas.

#### **1.4.1.2. El modelo europeo de Sistemas de Gestión Energética, según la UNE216.301/EN-16001.**

En 1997, los países industrializados se comprometieron a través del Protocolo de Kyoto, llevar a cabo un conjunto de medidas para reducir los gases de efecto invernadero. Se puede decir que este punto supuso el comienzo de una estrategia para el ahorro y la eficiencia energética en el sector industrial.

Como consecuencia, se desarrollaron una serie de compromisos relacionados con la seguridad en el suministro de energía, así como el aumento de la importancia de las

fuentes de energía renovables, que dieron lugar a la publicación de diversas normas de eficiencia energética en varios países, como es el caso de la IS 393:2005 en Irlanda, la DS 2403:2001 en Dinamarca, la SS 627750:2003 en Suecia y la ANSI/MSE 2000:2005 en Estados Unidos (Carretero Peña, 2012a; Tejeda, 2007).

Los modelos de gestión energética que se han aplicado hasta el momento entienden como necesario desarrollar una cultura organizacional para el uso eficiente de la energía energética a nivel empresarial, dirigida a lograr la sostenibilidad energética y ambiental de los procesos productivos, y a incrementar el nivel de competitividad empresarial (Carretero Peña, 2012a).

En España, el contexto energético gira en torno a la estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética (E-4), así como en las medidas urgentes de la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia, (EECCCEL).

Como consecuencia de lo anterior, y a raíz de la Directiva Europea 2006/32/CE sobre “La Eficiencia del Uso Racional de la Energía y los Servicios Energéticos”, mediante la que se instaba a los países miembros a desarrollar las labores de normalización en este campo, en España, a finales del año 2007, se publica la norma UNE 216301 de Sistemas de Gestión Energética (SGE) que, se presenta como una herramienta que permite a las organizaciones alcanzar los compromisos energéticos suscritos a través de la implantación de una política energética y la gestión de los procesos energéticos de su actividad (Tejeda, 2007).

Esta norma es aplicable a organizaciones de todo tipo que deseen mejorar la eficiencia energética de su actividad de forma sistemática, incrementar el aprovechamiento de energías renovables o demostrar ante terceros, a través de la certificación, su política energética.

El principal objetivo del Sistema de Gestión Energética es proveer una metodología para fomentar la eficiencia en las organizaciones, el ahorro y la disminución de las emisiones de los gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático, es decir, fomentar la mejora del desempeño. En sí mismo el SGE es un medio, no un fin (Tejeda, 2007).

La Certificación de Sistemas de Gestión Energética se dirige a aquellas organizaciones que quieren mejorar la eficiencia energética de sus procesos de forma sistemática, incrementar el uso de las energías renovables, y mejorar continuamente su Sistema de Gestión Energética.

**Algunos de los beneficios derivados de la implantación de un SGE son:**

1. Optimización del uso de la energía.
2. Fomento de la eficiencia energética en las organizaciones.
4. Disminución de las emisiones directas e indirectas de gases de efecto invernadero.
5. Mayor aprovechamiento de las energías alternativas y renovables.
6. Reducción de los riesgos derivados de las oscilaciones de los precios de los recursos energéticos.
7. Cumplimiento con los requisitos legales en materia energética.

Se puede concluir que la finalidad del Sistema de Gestión Energética es la de proporcionar a las organizaciones, independientemente de su sector de actividad o su tamaño, una herramienta que facilite la reducción de los consumos de energía, los costos financieros asociados y consecuentemente las emisiones de gases de efecto invernadero.

**1.4.1.3. Sistemas de gestión energética Basado en la Norma ISO 50001.**

Según Carretero (2012b) El objetivo de la Norma ISO 50001 como sistema de gestión energética se describe a continuación:

- Fomentar eficiencia energética en las organizaciones
- Fomentar el ahorro de energía
- Fomentar la mejora en el desempeño energético
- Disminuir las emisiones de gases que provocan el cambio climático
- Garantizar el cumplimiento de la legislación energética.
- Incrementar el aprovechamiento de energías renovables o excedentes.

- Mejora de la gestión de la demanda.

**Esta norma se implementa contemplando los siguientes procedimientos:**

**a) Planes de Acción**

La organización debe establecer, implementar y mantener planes de acción para alcanzar sus objetivos y metas.

**Los planes de acción deben incluir:**

- La designación de responsabilidades.
- Los medios y el cronograma previsto para lograr las metas individuales.
- Un enunciado del método mediante el cual la mejora del desempeño energético será verificado.
- Un enunciado del método para verificar los resultados.
- Los planes de acción deben ser documentados y actualizados a intervalos definidos

**b) Implantación**

Los pasos para la implementación de esta Norma ISO 50001 son los siguientes:

- Identificación de operaciones asociadas con sus usos significativos de la energía (equipos, instalaciones, etc) y aquellos que puedan producir desviaciones de los objetivos y la política.
- Planificación de las operaciones/actividades/procesos.
- Establecimiento de procedimientos documentados y criterios operacionales energéticos.
- El diseño, la especificación, y las actividades de compra de los proyectos relevantes y de los servicios de energía, productos, equipos, etc.

- Comunicación requisitos/Procedimiento a personal, proveedores, incluyendo contratistas.

### **c) Operación.**

En esta etapa es necesario tener en cuenta el **Control Operacional**. En general, los procedimientos e instrucciones de trabajo para el control de las operaciones deben incluir la realización de estudios de balances de materia y energía en las instalaciones como por ejemplo:

- Plan de medida, la estimación sólo debe llevarse a cabo en casos justificados.
- Reglas claras de mantenimiento que persigan una mayor eficiencia energética.
- Desarrollo de procedimientos de eficiencia energética para equipos e instalaciones.
- Procedimientos de compras para equipos, instalaciones y suministros de energía.
- Inventario actualizado de equipos consumidores.

### **d) Verificación**

En esta etapa es necesario tener en cuenta el Seguimiento y Medición. En general, los procedimientos e instrucciones de trabajo para el control de las operaciones deben incluir la realización de estudios de balances de materia y energía en las instalaciones.

Algunas de las acciones para la Monitorización, medida y análisis son las siguientes:

- La captura y monitorización de datos.
- Análisis, y en su caso actuación, ante los mismos.
- Balance periódico con la línea base establecida.
- Implantación de los planes de acción y mejoras y comparación de resultados con otras compañías.

#### **1.4.1.4. Modelos de gestión energética aplicados en Cuba.**

##### **Antecedentes sobre sistemas de gestión aplicados en Cuba.**

En Cuba se han estado realizando acciones sobre las diferentes formas para reducir los consumos energéticos, donde se han puesto en marcha algunos programas como son:

- Programa de ahorro de la energía eléctrica en Cuba (PAEC).
- Programa de ahorro y uso racional del agua (PAURA)
- La ley 81 sobre el medio ambiente.
- La gestión energética hotelera.

##### **La gestión energética en Cuba.**

Según Campos et al (1995), Borroto et al (2001) y Cavas (2013), la eficiencia energética y la conservación de la energía son dos conceptos muy relacionados entre sí, pero diferentes. La conservación de la energía es obtenida cuando se reduce el consumo de la energía, medido en sus términos físicos. La eficiencia energética es el resultado, por ejemplo, del incremento de la productividad o el desarrollo de tecnologías de menores consumos de energía. La eficiencia energética es obtenida cuando se reduce la intensidad energética de un producto dado (consumo de energía por unidad de producto), o cuando el consumo de energía es reducido sin afectar la cantidad producida o los niveles de confort. La eficiencia energética contribuye a la conservación de la energía. Lo que se persigue en ambas es mitigar la situación de que la humanidad, en los últimos 200 años, ha consumido el 60% de los recursos energéticos fósiles que fueron creados durante 3 millones de años, pero en un caso se espera reducir el valor total del consumo y en otro ser más eficiente en el uso.

La gestión energética en Cuba no se materializa fuertemente hasta que se comienza a implementar a nivel nacional la denominada “Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía” (TGTEE). Esta fue elaborada por docentes del centro de estudios de energía y medio ambiente (CEEMA) de la universidad de Cienfuegos, Cuba. Su basamento se relaciona con los pasos siguientes:

- Prueba de necesidad.
- Compromiso de la alta dirección.
- Diagnóstico socio ambiental y energético de primer, segundo y tercer nivel.
- Diseño de un plan de mejora.
- Organización y composición de equipos de mejora.
- Aplicación de acciones y medidas.
- Seguimiento y control.

La Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE), ha demostrado la posibilidad de reducir los consumos energéticos de las empresas, fundamentalmente con medidas técnico-organizativas y de baja inversión, así como organizar el control y gestión de ahorro y conservación de los portadores energéticos, identificando el grupo de soluciones técnicas más favorables a los problemas de suministro de energía. Ha sido diseñada con la filosofía de las ISO 9000, por lo que su implementación se inserta en los procesos de certificación y perfeccionamiento, contribuyendo a la cultura de la organización (A. Borroto Nordelo et al., 2002; A. E. Borroto Nordelo et al., 2001; Monteagudo Yanes & Gaitan R., 2005.)

Para implantar la TGTEE es necesario realizar la prueba de necesidad. Esta prueba constituye el primer paso para crear un sistema de gestión total por la eficiencia energética en la empresa. De los resultados de esta prueba depende que los especialistas y la alta dirección, decidan, con elementos técnicos y económicos, continuar con la implantación y dedicar recursos materiales y humanos a esta actividad. La metodología que se presenta sirve de guía para alcanzar los objetivos planteados en esta etapa y confeccionar el informe que se debe presentar a la alta dirección de la empresa. La prueba de la necesidad, en sí, constituye un resultado importante, al caracterizar e identificar los principales problemas energéticos de la empresa en el ámbito general. En el orden práctico, sus resultados permiten la planificación objetiva de los índices de consumo, la modelación de los comportamientos históricos y la cuantificación de la influencia de diferentes factores

globales en los consumos, costos energéticos y gastos totales de la empresa, aspectos todos que se usan en las etapas subsiguientes de la implantación del Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía (A. E. Borroto Nordelo et al., 2001; Monteagudo Yanes & Gaitan R., 2005.).

**Para comenzar a aplicar la Tecnología de Gestión Total y Eficiente de la Energía se establecen los siguientes objetivos:**

- Caracterizar el estado de eficiencia energética y de impacto ambiental de la empresa.
- Determinar potenciales globales de disminución de consumo, de costos energéticos e impactos ambientales en la empresa.
- Determinar la necesidad de la empresa de implantar un sistema de gestión total eficiente de la energía.

**Las actividades a realizar para implementar la Tecnología de Gestión Total y Eficiente de la Energía son:**

- Recopilación de información y datos.
- Diagnóstico de recorrido en las instalaciones de la empresa.
- Entrevistas a dirigentes, técnicos, operadores y obreros de la empresa.
- Procesamiento de la información.
- Elaboración del Informe Final de la Prueba de la Necesidad.

**Etapas en la implementación de un sistema de gestión energética.**

De acuerdo a Campos et al (2008), Venegas y Botero (2012), Aragón et al (2013), Carretero (2012a) y Carrillo (2014) en los sistemas de gestión energética, o de administración de energía se pueden identificar tres etapas fundamentales :

- Análisis preliminar de los consumos energéticos.

- Formulación de un programa de ahorro y uso racional de la energía (Planes de Acción).
- Establecimiento de un sistema de monitoreo y control energético.
- Sistema de mejora continua.

Debe señalarse además que, en muchos, casos la administración de energía se limita a un plan de medidas de ahorro, para garantizar el mejoramiento continuo.

### **Análisis preliminar de los consumos energéticos.**

Para establecer un sistema de gestión energética, un primer paso es llevar a cabo un análisis de los consumos energéticos, caracterizar energéticamente la empresa y establecer una estrategia de arranque. Esta etapa tiene como objetivo esencial conocer si la empresa efectivamente se viese significativamente beneficiada si implantara un sistema de gestión energética que le permitiera abatir costos por sus consumos de energía, alcanzar una mayor protección ante los problemas de suministro de la energía, reducir el impacto ambiental, mejorar la calidad de sus productos o servicios, y de esta forma elevar sus beneficios.

Contar con un buen sistema de gestión energética resulta particularmente importante para las industrias energointensivas, y en general, para las empresas en las cuales la facturación por energéticos puede llegar a representar una elevada fracción de los gastos totales de operación.

Después de realizada la prueba de necesidad, se debe evaluar el nivel de gestión utilizando las herramientas propuestas por esta tecnología.

Esta tecnología consta además de una serie de herramientas utilizadas para evaluar el nivel de gestión energética como son:

- Gráfico de Energía Vs Producción en el tiempo.
- Diagramas de Dispersión y Correlación.
- Gráfico de índice de Consumo de Energía-Producción.
- Gráfico de Control del consumo energético.

- Gráfico de Tendencia o Sumas Acumulativas.
- Diagrama de Pareto.
- Estratificación.

### **Sistema de monitoreo y control energético.**

Otro elemento importante que tiene en cuenta esta tecnología lo constituye el sistema de monitoreo y control. La misma cuenta con tres etapas fundamentales: la información, el control y el mejoramiento. En general, el control es la acción de hacer coincidir los resultados con los objetivos y persigue elevar al máximo el nivel de efectividad de cualquier proceso (A. E. Borroto Nordelo et al., 2001).

Para llevar a cabo la acción de control deben existir; un estándar (objetivo a lograr); una medición del resultado y herramientas que permitan comparar los resultados con el estándar e identificar las causas de sus desviaciones y variables de control, sobre las cuales actuar para acercar el resultado al estándar.

### **Necesidad del Control.**

El control de cualquier proceso es una necesidad real, pues el medio en que se desarrollan los procesos es dinámico y provoca desviaciones que deben ser corregidas.

El control permite identificar todas las desviaciones y corregir las que sean posibles, señalando cuándo se hace necesario efectuar una mejora general en el proceso. En el caso particular de la eficiencia energética, pueden agregarse a las causas anteriores de necesidad del control las siguientes:

- El precio de la energía cambia, provocando el cambio en los estándares.
- El estado técnico de los equipos consumidores cambia, produciendo cambios en los resultados.
- La actitud, motivación y nivel de competencia de gerentes, subgerentes, operarios y empleados, respecto al uso de la energía, se modifica con el tiempo en función de las

prioridades de la empresa. Sólo un sistema de control energético puede mantener la atención sobre estos aspectos.

### **Proceso de control.**

El proceso de control, en su organización, consta de las siguientes etapas:

1. Establecer los lugares de control (áreas, equipos).
2. Establecer los indicadores de control.
3. Establecer las variables de control y su relación con los indicadores de control.
4. Establecer las herramientas de medición de los indicadores de control.
5. Establecer los estándares.
6. Establecer las herramientas de comparación de los indicadores con los estándares de detención de causas de desviaciones o de diagnóstico.

Un proceso de control general incluye una etapa de mejoramiento del proceso, cuando la acción sobre las variables de control no es suficiente para corregir las constantes variaciones que en este se presentan. Esta etapa consiste en una revisión periódica de procedimientos y evaluación técnico-económica de posibilidades de inversión que producen, sin duda, un cambio en los estándares y en los resultados del control frecuente (A. E. Borroto Nordelo et al., 2001).

### **Método de control.**

El proceso de control se puede realizar de diferentes formas. En los sistemas de control energético es recomendable utilizar el método de control selectivo.

La selección de las áreas y equipos se realiza sobre la base de la estructura de consumo y de pérdidas energéticas de la empresa. Se cubre el 20 % de las áreas o equipos que provocan el 80 % de las posibles pérdidas energéticas en la empresa. Este método incluye el control por excepción, o sea, dentro de estas áreas o equipos se priorizan aquellas que tienen tendencia a las mayores desviaciones.

Estos programas se materializan con el establecimiento a escala nacional de la denominada “Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía” (TGTEE), según

Borroto et al (A. E. Borroto Nordelo et al., 2001). Esta tecnología fue diseñada por docentes del centro de estudios de energía y medio ambiente (CEEMA) de la universidad de Cienfuegos, Cuba.

Sin embargo, todos los elementos descritos anteriormente nos dan la medida de que todos los participantes en ejecutar las acciones de un sistema de gestión energética están preparados o que con algunas tareas se pueden materializar lo referido al ahorro de energía, fundamentada por la administración eficiente de esta.

Según Pacheco (2006) en Cuba aún persisten algunos elementos negativos en el sistema de gestión energética empresarial como son:

1. La mayor parte de las empresas desconocen cuantitativamente el impacto de los costos energéticos en los costos de producción y no cuentan con modelos específicos que relacionen ambos parámetros.
2. Los indicadores principales de gestión energética que utilizan las empresas son consumo e índice de consumo. No hay indicadores de control de la eficiencia energética a nivel gerencial.
3. La planificación del consumo de energía en la totalidad de la muestra analizada señala que el consumo de energía se planifica por históricos absolutos.
4. Aunque existe mantenimiento predictivo y preventivo, el mantenimiento predominante es correctivo. No se conoce el concepto de mantenimiento dirigido a la eficiencia energética y este se realiza cuando la actividad productiva lo requiere y no por planeación del mantenimiento.
5. En la totalidad de las empresas de la muestra se planifica la producción sin tener en cuenta los índices de consumo energético de los equipos de procesos productivos.
6. La instrumentación para el control energético es insuficiente, lo que provoca además la asignación de costos energéticos unitarios a los procesos productivos por prorrateo o estimación.

7. La mayor parte de la muestra de empresas señala falta de financiamiento para implementar medidas de ahorro.
8. El control de la gerencia sobre la eficiencia energética se basa en el cambio del índice de consumo y la factura energética en el tiempo.
9. En la mayoría de las empresas la responsabilidad de la eficiencia energética se encuentra en el área de mantenimiento o medio ambiente, no existe un vínculo definido del resto de las áreas con la eficiencia energética de la empresa.

#### **1.4.1.5. Resumen de algunos sistemas de gestión energética aplicados mundialmente.**

Según Gómez R. y Santos L. (1998), Del Pilar Castrillón et al (2013) la gestión energética juega un papel fundamental en la actualidad, pues de una correcta aplicación de los procedimientos de esta, así serán los resultados que se deriven. De hecho al aplicar correctamente los procedimientos se notarán ahorros de recursos energéticos en más de un 10 %.

En la tabla 1.1 se muestran los sistemas de gestión energética aplicados a nivel mundial, siendo Estados Unidos el país que más estudios ha realizado en mejorar los procesos energéticos (Vidal, Quispe, Prías, & Campos, 2006 ; Vidal, Quispe, Prías, & Campos, 2007).

Tabla 1.1. Sistemas de gestión energética aplicados a nivel mundial.

CENTRO DE GESTIÓN ENERGÉTICA Y MEDIO AMBIENTE GEORGIA	SISTEMA DE GESTIÓN ENERGETICA. NORMA ANSI MSE 2000	USA
CEEMA	GESTIÓN TOTAL EFICIENTE DE LA ENERGÍA	CUBA
G.G. Rajan	OPTIMIZACIÓN ENERGY EFFICIENCIES IN INDUETRY	USA
CIPEC	CANADIAN INDUSTRY PROGRAM FOR ENERGY CONSERVATION	CANADA
NPC	NATIONAL PRODUCTIVITY COUNCIL	USA
W. SMITH	PROCESO INDUSTRIAL Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	CANADA

EVE. ENTE VASCO DE ENERGÍA	GESTIÓN ENERGÉTICA INTEGRAL.	ESPAÑA
VICTORIA	DEVELOPING AN ENERGY MANAGEMENT SYSTEM. STATE GOVERNMENT OF VICTORIA	AUSTRALIA
UNIVERSIDAD FEDERAL DE GOYAS	EFICIENCIA ENERGÉTICA Y USO RACIONAL DE LA ENERGYA	BRASIL
PNL	AN ENERGY EFFICIENCY GUIDE FOR INDUSTRIAL PLANT MANAGERS	UCRANIA

Aspectos comunes sobre los modelos fueron analizados por Vidal et al (2006), Campos et al (2008) y Prías (2001) los cuales se dan a conocer a continuación:

- Tienen como objetivos inmediatos: reducir costos, impacto ambiental y elevar competitividad.
- Son basados en el modelo general de mejora continua.
- El liderazgo de la implementación y aplicación del modelo está en la gerencia.
- Existe una entidad colectiva que dirige y evalúa la implementación y operación del modelo: Comité de Energía, Equipo de Mejora Energética u otras.
- Existe un representante de gerencia que organiza y controla las actividades del modelo en la empresa.
- Utilizan la figura de equipos de mejoras temporales para implementar programas, tareas o medidas de eficiencia energética.
- Incluyen la actividad de monitoreo y control de indicadores a nivel de procesos y empresa, aunque los indicadores pueden ser de consumo, de eficiencia y de gestión.
- La mayor parte de los modelos enfocan su gestión en cambios organizacionales, preparación de los recursos humanos, cambios tecnológicos, mantenimiento y mejora de equipos y cambios de los procedimientos operacionales y de gestión

Estos aspectos, comunes a los modelos analizados nos indican el estado de la cultura organizacional para el uso eficiente de la energía ya generalizada en esta área de gestión a nivel internacional. Existen aspectos, sin embargo, que, son tratados de forma diferente en los modelos de gestión energética a nivel empresarial. Estos contenidos constituyen la cultura emergente aún no generalizada en los mismos.

**Aspectos que diferencian los modelos** (Vanegas López & Cataño Rojas, 2012; Vidal Medina et al., 2006):

- Se enfocan en el impacto que tiene sobre la eficiencia energética la gestión de la producción y el mantenimiento.
- Involucran en la gestión energética actividades específicas de diferentes áreas de la gestión organizacional: contabilidad, finanzas, compras, ventas, operación, calidad, seguridad operacional, planeación de la producción, innovación y gestión tecnológica.
- Indican la necesidad de alineación de la dirección-equipos de mejora-empleados/operadores en los objetivos a lograr y las medidas a implementar en la gestión energética.
- Plantean el uso del monitoreo on line, no solo para el control de los consumos e indicadores energéticos, sino también para el diagnóstico operacional de equipos, incremento de productividad y la calidad del producto.
- Indican la conveniencia de establecer a nivel de centros de costo modelos económicos de relación eficiencia energética-costos de procesos o productos

## **CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS**

## **CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Caracterización del lugar donde se realizó la investigación.**

La investigación fue realizada en la Fábrica de Helados de Bayamo, perteneciente al combinado Lácteo de Bayamo, ver figura 2.1. Esta entidad posee 3 congeladores con una capacidad productiva de 700 L/h de helados en masa. Además consta de una llenadora para la producción de helados en paletas.



Figura 2.1 Fábrica de Helados de Bayamo.

#### **2.1.1. Estructura organizativa de la empresa.**

En el anexo 3 (tabla 3) se muestra la estructura organizativa de la empresa de Productos Lácteos de Bayamo. De hecho, esta industria cuenta con un total de 283 trabajadores, los cuales están distribuidos en diferentes áreas de trabajo. Esta estructura está formada por una Dirección, donde radica el director de la UEB Lácteos Bayamo, 3 técnicos y el chofer. También posee 3 grupos de trabajo donde se encuentra el de Contabilidad y Finanzas, Gestión de Capital Humano y Técnico

Productivo. Cuenta además con 13 Brigadas de apoyo a labores productivas, Equipos de trabajo, etc.

**Objeto social:** Producción y comercialización de variedades de Helados y dulces a unidades de la red de gastronomía, Hospitales, hogar de ancianos, hoteles y centros empresariales productivos y de los servicios.

### **2.1.2. Caracterización técnica y energética.**

En el anexo 1 (tabla 1) se muestran los datos técnicos de los equipos aplicados en la línea productiva para la fabricación de las diferentes variedades de helados. De hecho, en la tabla 2 (anexo 2), se presentan las características energéticas de los equipos instalados en la Fábrica de Helados de Bayamo, donde se puede ver que los equipos de mayor consumo energético se encuentran en la sala de máquinas, o sea, los compresores que comprimen el líquido refrigerante R717 hacia los recipientes lineales, ver figura 2.2. Sin embargo, resulta importante señalar que los controles energéticos se realizan a través del modelo 5073, ver anexo 8.



Figura 2.2 Sala de máquinas de la Fábrica de Helados de Bayamo.

## **2.2. Metodología aplicada para evaluar la eficiencia energética.**

### **2.2.1. Herramientas aplicadas para la determinación de la eficiencia energética.**

Para efectuar las evaluaciones de los consumos energéticos en Fábrica de Helados de Bayamo se emplearon los elementos y herramientas de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía y el Sistema de Gestión Integral de la Energía (Becheran et al., 2013; A. E. Borroto Nordelo et al., 2001; Juan C. Campos Avella et al., 2008; Machado, 2010). De hecho, estas herramientas se describen a continuación:

- **Diagrama energético-productivo**

Esta herramienta consiste en desarrollar el flujo grama del proceso productivo, agregándole todas las entradas y salidas de materiales (incluidos residuos) y de energía, con sus magnitudes características para los niveles de producción típicos de la empresa. También, en el diagrama se muestran los niveles de producción de cada etapa, así como entradas externas al proceso de materiales semiprocesados si los hubiera. Es conveniente expresar las magnitudes de la energía consumida en cada etapa del flujo grama por tipo de energía consumida y en porcentaje con respecto al consumo total de cada tipo.

- **Gráficos de Control.**

Los gráficos de control son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos. Se usan como instrumento de autocontrol y resultan muy útiles como complemento a los diagramas, causa y efecto, para detectar en cuáles fases del proceso analizado se producen las alteraciones.

Su importancia consiste en que la mayor parte de los procesos productivos tienen un comportamiento denominado normal, es decir existe un valor medio  $\mu$  del parámetro de salida muy probable de obtener, y a medida que se aleja de este valor medio la probabilidad de aparición de otros valores de este parámetro caen bruscamente, si no aparecen causas externas que alteren el proceso, hasta hacerse prácticamente nulo para desviaciones superiores a tres veces la desviación estándar del valor medio.

Este comportamiento (que debe probarse en caso que no exista seguridad que ocurra) permite detectar síntomas anormales actuando en alguna fase del proceso que influyan en desviaciones del parámetro de salida controlado. Para que todo esto se lleve a cabo se debe tener en cuenta lo siguiente:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n} \quad (2.1)$$

Donde:

$\bar{X}$ : Media aritmética o promedio de las mediciones efectuadas.

n: Número de mediciones efectuadas.

$Xi$ : Son los consumos de energía eléctrica (kW\*h) medida en un periodo dado.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.2)$$

$$LCS = \bar{X} + S * t \quad (2.3)$$

$$LCI = \bar{X} - S * t \quad (2.4)$$

Donde:

$LCS$ : Límite de control superior.

$LCI$ : Límite de control inferior.

S: Desviación cuadrática media para la muestra en cuestión.

t: Es factor de confiabilidad, para el caso analizado  $t = 3$ , o sea una confiabilidad del 99 %

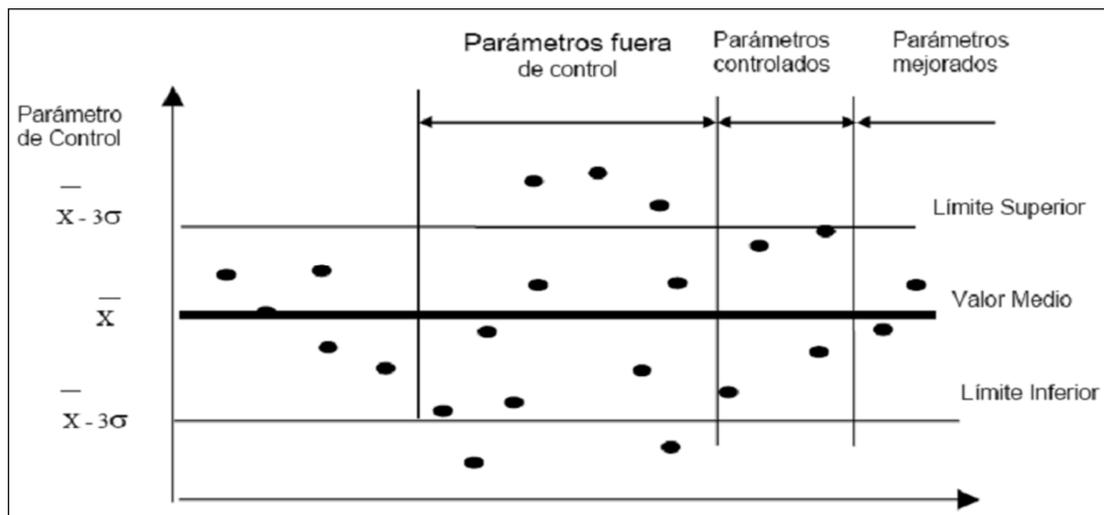


Figura 2.2. Gráfico de control de la energía.

El gráfico consta de la línea central y las líneas límites de control. Los datos de la variable cuya estabilidad se quiere evaluar se sitúan sobre el gráfico. Si los puntos situados se encuentran dentro de los límites de control superior e inferior, entonces las variaciones proceden de causas aleatorias y el comportamiento de la variable en cuestión es estable. Los puntos fuera de los límites tienen una pauta de distribución anormal y significan que la variable tuvo un comportamiento inestable. Investigando la causa que provocó la anomalía y eliminándola se puede estabilizar el proceso.

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

Consiste en un gráfico que muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo, ver figura 2.3. El gráfico se realiza para cada portador energético importante de la empresa y puede establecerse a nivel de empresa, área o equipos.

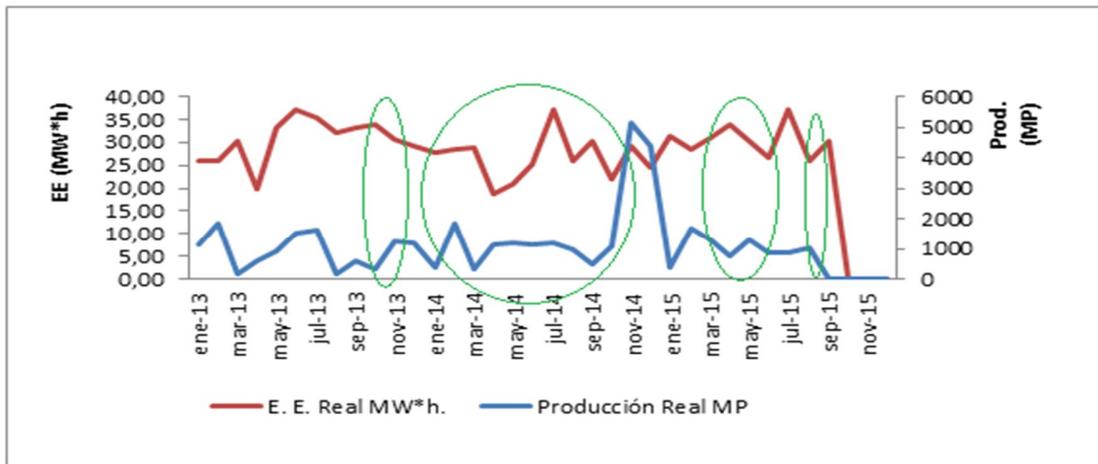


Figura 2.3 Gráfico de energía-producción en el tiempo

- **Diagramas de Dispersión y Correlación.**

Es un gráfico que muestra la relación entre 2 parámetros, ver figura 2.4. Su objetivo es mostrar en un gráfico x-y si existe correlación entre dos variables, y en caso de que exista, qué carácter tiene esta.

La utilidad de los diagramas de dispersión y correlación, es que muestra con claridad si los componentes de un indicador de control están correlacionados entre sí y si el indicador es válido o no. De acuerdo a Borroto et al (2001) para que exista una buena correlación entre las variables evaluadas, es necesario que el coeficiente de correlación este por encima de 0,75.

Mediante la aplicación de este diagrama nos va a permitir:

- Establecer nuevos indicadores de control.
- Determinar la influencia de factores productivos de la empresa sobre las variables en cuestión y establecer nuevas variables de control.

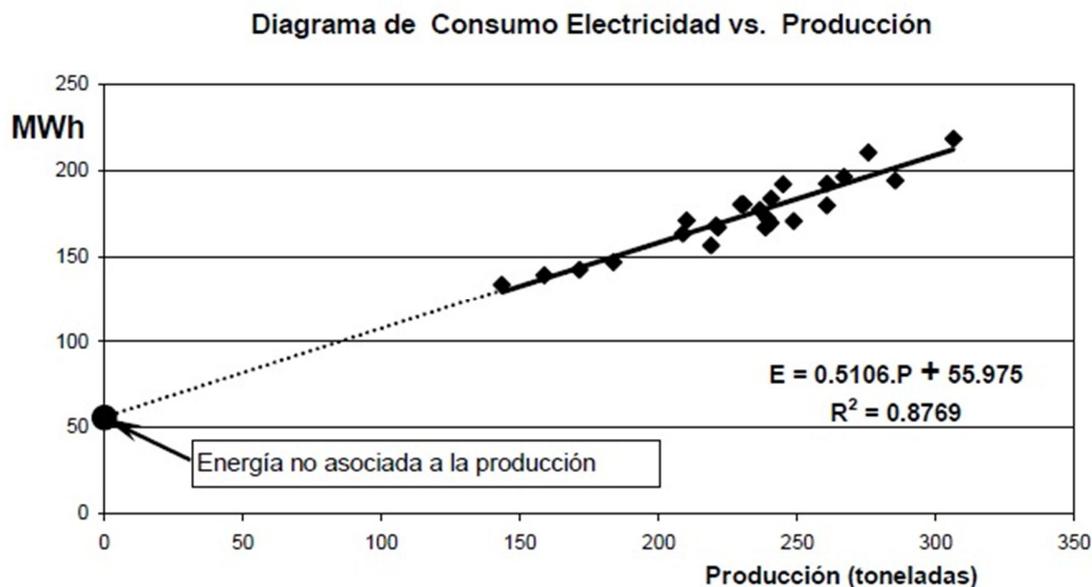


Figura 2.4 Gráfico de correlación y dispersión de las variables evaluadas consumo energía-producción.

- **Diagrama índice de consumo-producción (IC vs. P).**

Este diagrama se realiza después de haber obtenido el gráfico E vs. P y la ecuación,  $E = m.P + E_0$ , con un nivel de correlación significativo.

La expresión de la función  $IC = f(P)$  se obtiene de la siguiente forma:

$$E = m \cdot P + E_0$$

$$IC = E/P = m + E_0/P$$

$$IC = E_0/P + m$$

El gráfico IC vs. P es una hipérbola equilátera, con asíntota en el eje x, al valor de la pendiente m de la expresión  $E = f(P)$ , ver figura 2.5.

Se aplica cuando la correlación entre las dos variables tratadas E-P, sea significativa. Este gráfico es muy importante, y pues nos permite evaluar la eficiencia energética de la entidad.

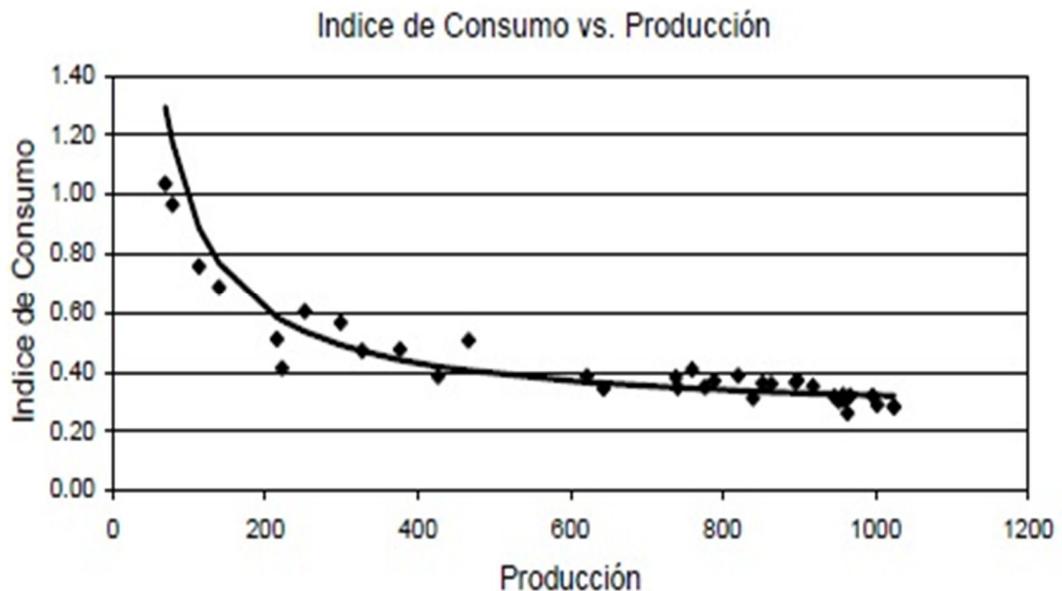


Fig.2.5 Gráfico de índice de consumo vs producción.

La curva anterior muestra cómo el índice de consumo aumenta al disminuir el nivel de la producción realizada

En la medida que la producción se reduce debe disminuir el consumo total de energía, como se aprecia de la expresión  $E = f(P)$ , pero el gasto energético por unidad de producto aumenta. Esto se debe a que aumenta el peso relativo de la energía no asociada a la producción respecto a la energía productiva. Si la producción aumenta, por el contrario, el gasto por unidad de producto disminuye, pero hasta el valor límite de la pendiente de la ecuación  $E = f(P)$ . En el gráfico IC Vs P existe un punto donde comienza a elevarse significativamente el índice de consumo para bajas producciones. Este punto se puede denominar punto crítico. Producciones por encima del punto crítico no cambian significativamente el índice de consumo; sin embargo, por debajo del punto crítico éste se incrementa rápidamente.

El gráfico IC vs. P es muy útil para establecer sistemas de gestión energética, y estandarizar procesos productivos a niveles de eficiencia energética superiores. Valores de IC por debajo de la curva que representa el comportamiento del índice durante el período de referencia comparativa, indican un incremento de eficiencia del proceso; en el caso contrario existe un potencial de disminución del índice de

consumo igual a la diferencia entre el IC real (sobre la curva) y el IC teórico (en la curva) para igual producción. También se pueden establecer sobre este gráfico las metas de reducción del índice proyectadas para el nuevo período e ir controlando su cumplimiento.

- **Gráfico de tendencia o de sumas acumulativas (CUSUM).**

Este gráfico se utiliza para monitorear la tendencia de la empresa en cuanto a la variación de sus consumos energéticos, con respecto a un período base de comparación dado, ver figura 2.6. A partir de este gráfico también puede determinarse cuantitativamente la magnitud de la energía que se ha dejado de consumir o se ha consumido en exceso con relación al comportamiento del período base hasta el momento de su actualización.

La utilidad del gráfico de tendencia radica en conocer la tendencia real de la empresa en cuanto a variación de los consumos energéticos, en comparar la eficiencia energética de períodos con diferentes niveles de producción, en determinar la magnitud del ahorro o gasto en exceso en un período actual respecto a un período base y, en evaluar la efectividad de medidas de ahorro de energía.

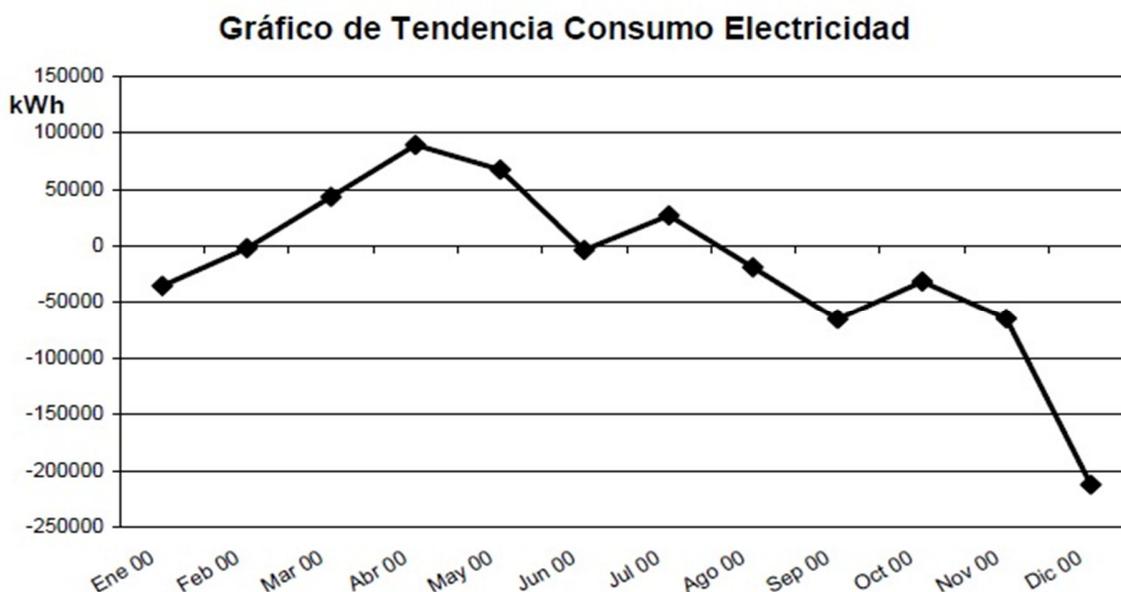


Figura 2.6 Gráfico de tendencia o sumas acumulativas (CUSUM).

- **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, ver figura 2.7. 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 provoca el 80 % de los efectos de cualquier fenómeno estudiado.

La utilidad del diagrama de Pareto es la de identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno como puede ser; los mayores consumidores de energía de la fábrica, las mayores pérdidas energéticas o los mayores costos energéticos, la de 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 la de determinar la efectividad de una mejora comparando los diagramas de Pareto anterior y posterior a la mejora.

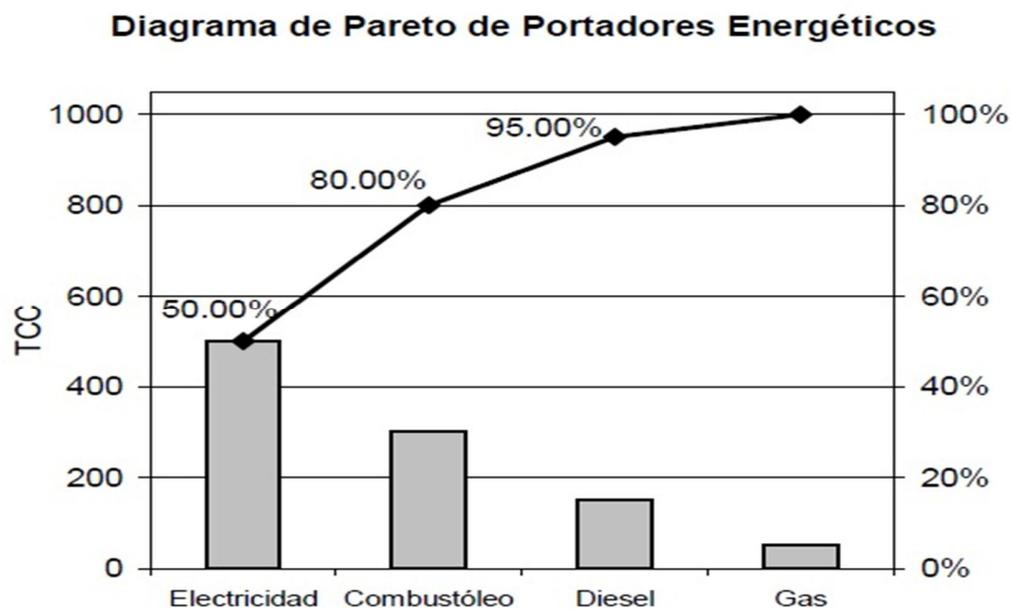


Figura 2.7 Diagrama de Pareto.

- **Estratificación.**

Cuando se investiga la causa de un efecto, una vez identificada la causa general aplicando el diagrama de Pareto, es necesario encontrar la causa particular del efecto, aplicando sucesivamente Pareto a estratos más profundos de la causa general. La estratificación es el método de agrupar datos asociados por puntos o características comunes pasando 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.

La estratificación es un método de análisis, no consta de un diagrama particular. Consiste en utilizar las herramientas de diagramas para profundizar en las capas interiores de las causas. Si se estratifica un diagrama de Pareto, en cada capa se utiliza un diagrama de Pareto para encontrar las causas particulares más influyentes en el efecto estudiado. Si se estratifica un gráfico de control, se subdivide el gráfico en períodos, máquinas, áreas, para encontrar la influencia de estos elementos en la variabilidad del gráfico. Si se aplica la estratificación a un diagrama de dispersión, se agrupan los puntos por materiales, fabricantes, periodos, para encontrar las causas de una alta dispersión.

El método utilizado en esta investigación fue el analítico investigativo (selectivo), mientras que, los cálculos de los indicadores se realizaron con ayuda de los programas profesionales Microsoft Excel 2013 y el STATGRAPHICS Centurión versión 15.

Las mediciones de la energía eléctrica se efectuaron con un metro-contador marca MODBUS, ver figura 2 (anexo 5).

### **2.3 Metodología para determinación de la potencia reactiva necesaria.**

De acuerdo a Viego y Padrón (2002) y Borges (2012) para mejorar el factor de potencia mediante la aplicación de un banco de capacitores, es necesario determinar la energía reactiva necesaria procediendo a ejecutar una serie de cálculos como son:

### 2.3.1. Cálculo de los kVARs del capacitor

Para la determinación del Qr se aplicará la formula siguiente:

$$Qr = P * (Tan\phi_1 - Tan\phi_2)$$

$$Tan\phi = \frac{kVAR}{kW} \text{ Despejando } \phi \text{ tenemos:}$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{kVAR}{kW}\right)$$

$FP = \cos\phi$  Despejando  $\phi$ , obtenemos:

$$\phi_1 = \arccos(FP_1) , \text{ para el factor de potencia real}$$

$$\phi_2 = \arccos(FP_2) , \text{ para el factor de potencia deseado}$$

$$FP_{1real} = \cos\phi_1$$

$$FP_{2deseado} = \cos\phi_2$$

**La potencia reactiva será:**

$$Qr = P * Tan\phi \text{ de aquí que } kVAR = kW * Tan(\arccos(FP)) \text{ en kVAR}$$

La potencia reactiva requerida para elevar el FP1 (real) a FP2 (deseado)

$$Qr = kW * [tg * (\arccos FP_1) - tg * (\arccos FP_2)]; kVar$$

**Donde:**

Qr: Los kVARs del capacitor

P: Potencia activa

Fp1 y Fp2: son los factores de potencia real y el deseado.

En cálculos prácticos y por facilidad

$$Qr = P * K$$

Donde:

K: Factor que se utiliza para corregir el factor de potencia. Este factor se determina en tablas en función del factor de potencia medido (real) y el deseado.

### **Pasos para la corrección del factor de potencia.**

1. Determinar el Fp promedio.
2. Determinar el Fp deseado
3. Determinar la potencia reactiva necesaria para la compensación, en dependencia del banco de capacitores a instalar.

**Para el caso de estudio se utilizó el analizador de redes marca VEGA 78 (ver figura 2 del anexo 6), cuyos datos se muestran a continuación:**

Analizador de redes eléctricas trifásicas Marca VEGA 78

#### **Principales magnitudes medidas:**

-Tensiones RMS AC+DC: tensiones simples hasta 480 V; tensiones compuestas hasta 960 V, Corrientes TRMS AC+DC hasta 6500 A (según los sensores), Tensiones y corrientes Peak, mín., máx., promedio. Además se mide Frecuencia de 40 a 70 Hz, Potencias activas, reactivas y aparentes por fase y acumuladas, Energías activas aportadas y consumidas, reactivas capacitivas, inductivas y aparentes, así como Armónicos en tensión, corriente o potencia hasta el orden 50°.

## **CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Evaluación de la gestión energética de la Fábrica de Helados de Bayamo.

#### 3.1.1. Estratificación de los portadores energéticos y áreas más consumidoras de energía eléctrica.

En la figura 3.1 se muestra la estratificación de los portadores energéticos utilizados en la Fábrica de Helados de Bayamo a través del diagrama de Pareto, donde se puede apreciar que la energía eléctrica posee el 97 % del consumo en toneladas equivalente de petróleo. Es por esta razón que este portador es el de mayor influencia de esta industria, ya que de acuerdo con la ley de Pareto supera el 80 % de los efectos.

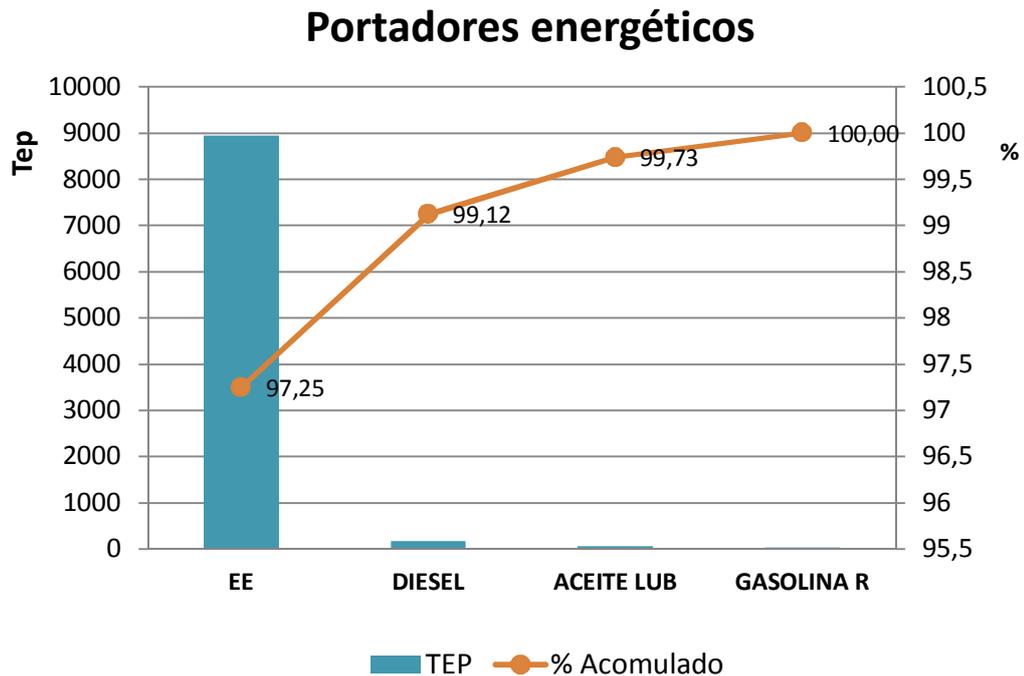


Figura 3.1 Estratificación a través del diagrama de Pareto de los portadores energéticos de la Fábrica de Helados Bayamo.

Por su parte en la figura 3.2 se realiza una estratificación de las áreas de la Fábrica de Helados, donde se puede comprobar que la de mayor consumo de energía eléctrica

fue la sala de máquinas con un 72,39 %, seguido de la preparación de sabores con 8,55 %. Por tanto de acuerdo a lo establecido en ley de Pareto, son estas áreas las mayor influencia en los consumos de energía eléctrica de la Fábrica de Helados, ya que entre ambas suman el 80,94, lo cual implica tomar medidas para mejorar la eficiencia energética en los equipos instalados.

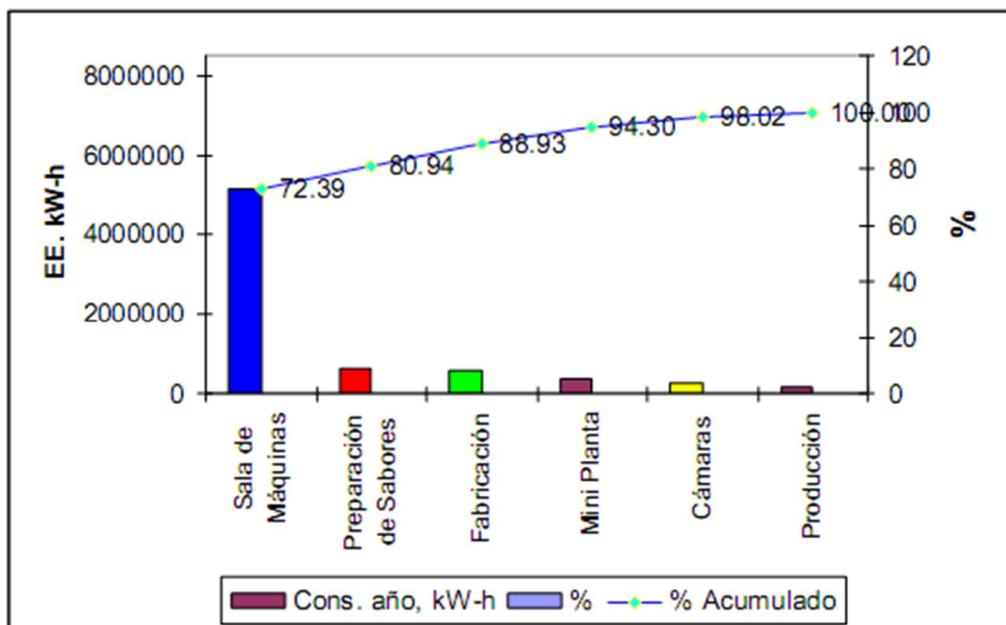


Figura 3.2 Estratificación a través del diagrama de Pareto de las áreas de la Fábrica de Helados Bayamo

### 3.1.2. Valoración la energía y la producción en el tiempo.

En la figura 3.3 se representan los valores de las variables energía eléctrica y la producción para el periodo de los años 2013, 2014 y 2015, donde se aprecia que no existe una buena correspondencia de estas variables, ya que cuando una aumenta la otra disminuye y viceversa. Esto demuestra que en la entidad productiva no se hace un uso racional de la energía eléctrica de acuerdo a la producción realizada, trayendo como consecuencia la disminución de la eficiencia energética por este concepto.

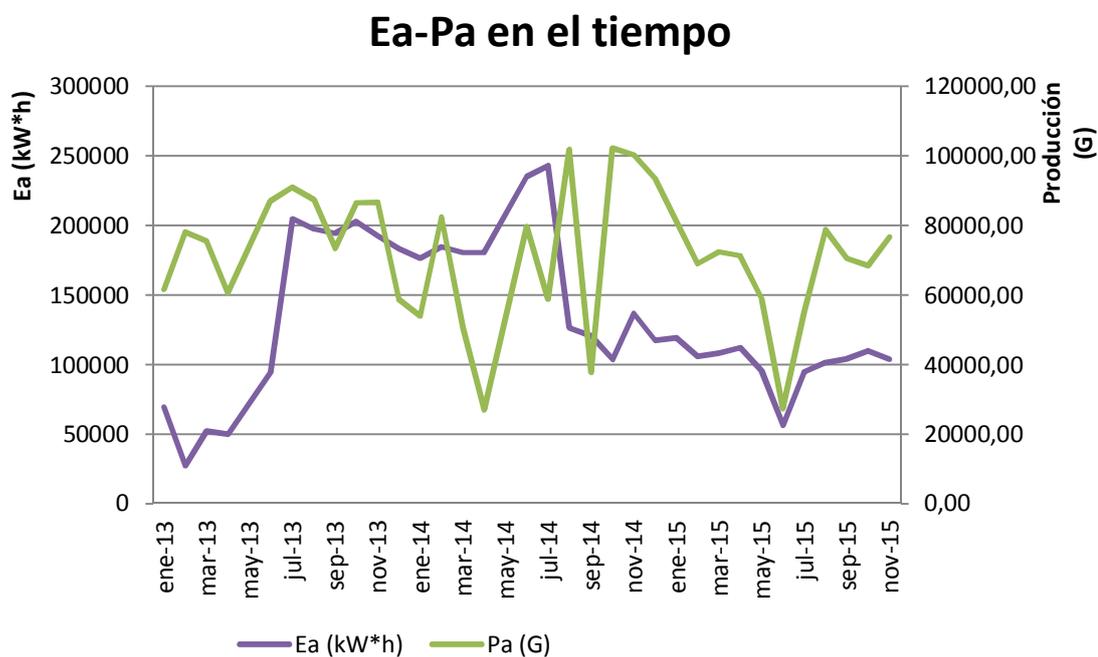


Figura 3.3 Comportamiento de la energía (Ea) y la producción (Pa) en el tiempo.

### 3.1.3 Valoración de la correlación y dispersión de las variables evaluadas Energía Eléctrica (EE)-Producción (P).

Como se puede apreciar a través del gráfico representado en la figura 3.3, el modelo lineal ajustado para describir la relación entre Ea y Pa, es por la ecuación:

$$Ea = 164981 - 0,218639 * Pa$$

Donde el estadístico  $R^2$  indica que el modelo ajustado explica 0,527254 % de la variabilidad en Ea. El coeficiente de correlación es igual a -0,0726122, indicando una relación relativamente débil entre las variables, ya que de acuerdo a lo establecido por Borroto et al (2001) este coeficiente debe estar por encima de 0.75 para que sea aceptable.

Por tanto se puede afirmar que para producciones iguales a cero del periodo analizado los consumos de energía no asociadas a los procesos productivos alcanzaron el valor de 164981kW\*h, lo cual explica el uso irracional de este portador energético en consecuencia con la producción realizada.

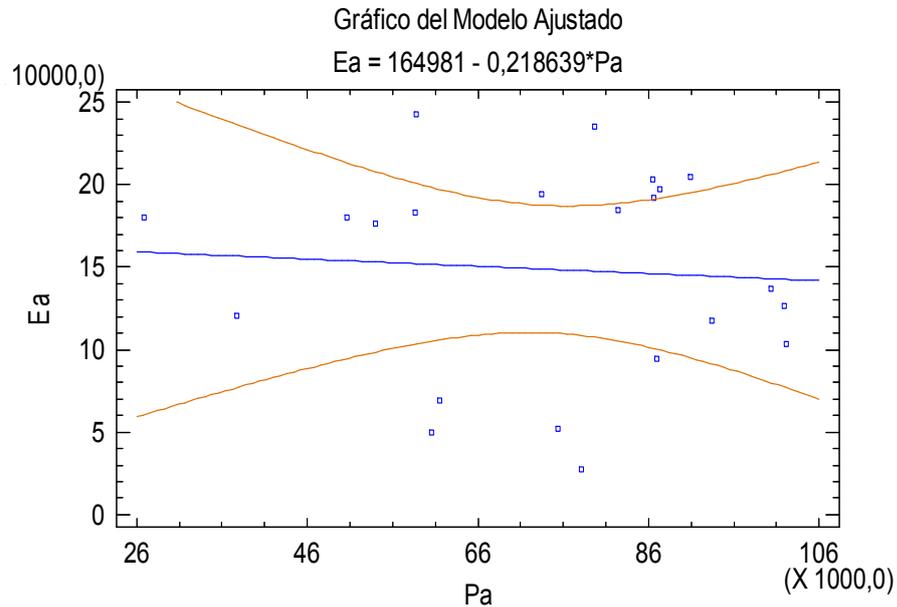


Figura 3.3 Gráfico de correlación y dispersión entre las variables Ea y Pa para los años 2013 y 2014.

Por otra parte en el gráfico mostrado a través de la figura 3.4, se muestran los resultados donde el estadístico  $R^2$  indica que el modelo ajustado explica 86,12% de la variabilidad en Ea. El coeficiente de correlación es igual a 0,928, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. De hecho, el modelo lineal ajustado para describir la relación entre Ea y Pa, es por la ecuación:

$$Ea = 34318,7 + 1,0056 * Pa$$

Por tanto se puede afirmar que para producciones iguales a cero del periodo analizado, los consumos de energía (Eo) no asociados a los procesos productivos alcanzaron el valor de 34318,7 kW\*h.

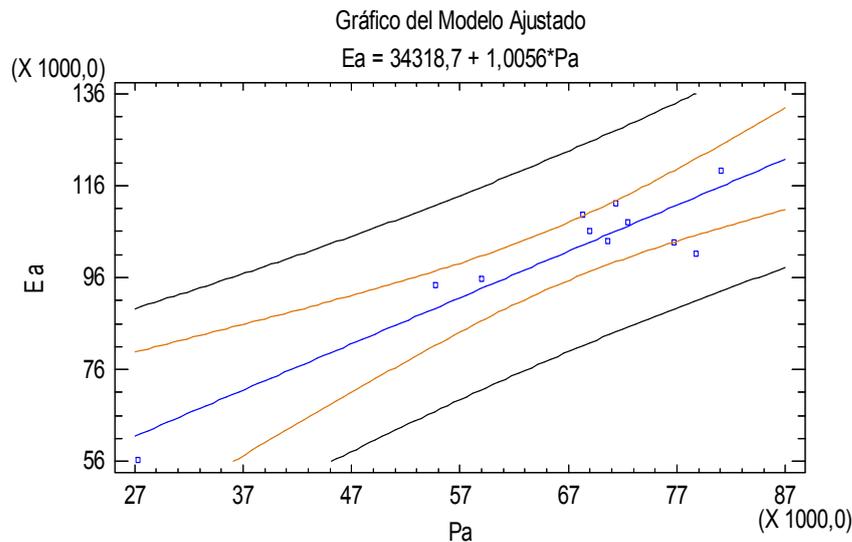


Figura 3.4 Gráfico de correlación y dispersión entre las variables Ea y Pa para el año 2015.

### 3.1.4 Valoración del índice de consumo real y teórico.

En la figura 3.5 se representa los valores del Índice consumo (Ic real e Ic teórico) donde se aprecia que para valores de producción inferiores a 54776 galones de helados, el índice de consumo se incrementa rápidamente. Este resultado significa que a este valor de la producción de 54778 y al valor del índice igual a 1,72 kW\*h/G se le definen como críticos. De hecho, para valores de producción por encima de 54776 G, el índice de consumo disminuye sustancialmente, indicando una mejora en la eficiencia energética.

Sin embargo, es posible disminuir los consumos energéticos si se aplican medidas técnico organizativas, así como de inversiones para la sustitución de motores eléctricos con más de 10 años de explotación, por otros de mayor eficiencia de trabajo.

Por tanto de acuerdo al análisis de este resultado mostrado en la figura 3.5, se observa que existe una reserva de potencial de ahorro, que si lo consideramos en un 10 %, entonces obtenemos la curva del Ic teórico 10 %. El resultado obtenido demuestra que, un punto de la mayor producción y el menor índice de consumo están en la misma curva, lo que corrobora la posibilidad de su aplicación práctica.

## Índice de consumo vs producción

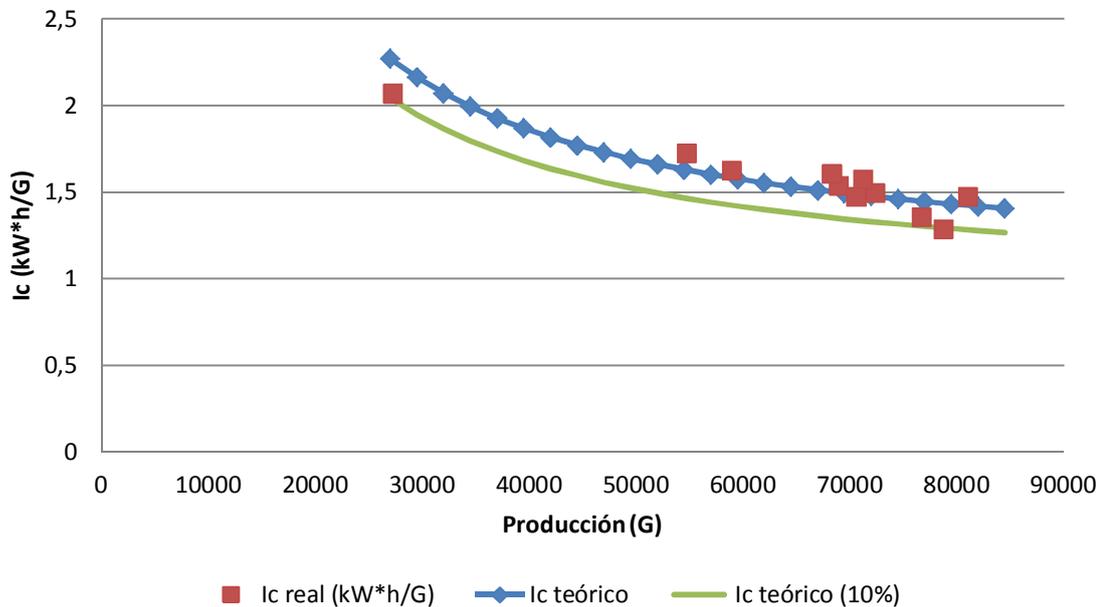


Figura 3.5 Comportamiento del índice de consumo teórico durante el periodo del año 2015.

### 3.1.5 Valoración de la energía eléctrica dentro de los límites de control.

En la figura 3.6 se muestra los resultados de la energía eléctrica dentro de los límites de control. Por tanto para valorar la energía eléctrica dentro de los límites de control se deben evaluar las pautas de distribución anormales:

- Sesgo

Hay existencia de Sesgo y anomalía, ya que hay más de 7 puntos no consecutivos a un lado de la línea media, como por ejemplo desde el mes de junio del año 2013 hasta el junio del año 2014.

- Tendencia:

También hay presencia de tendencia que hay ascenso y caídas sostenidas en la posición de los puntos. De hecho, para el caso hay una tendencia consistente en más

de 7 puntos que suben o caen (independientemente de que lado de la línea se encuentren) consecutivamente es señal de una anomalía en ese período de tiempo.

- Aproximación al límite.

Por otra parte se observa hay un punto que coincide el valor del límite de control superior (LCS), considerándose anomalía del uso de la energía eléctrica en el periodo del mes de junio del año 2014. Sin embargo, los valores de la energía eléctrica se encuentran entre los límites de control.

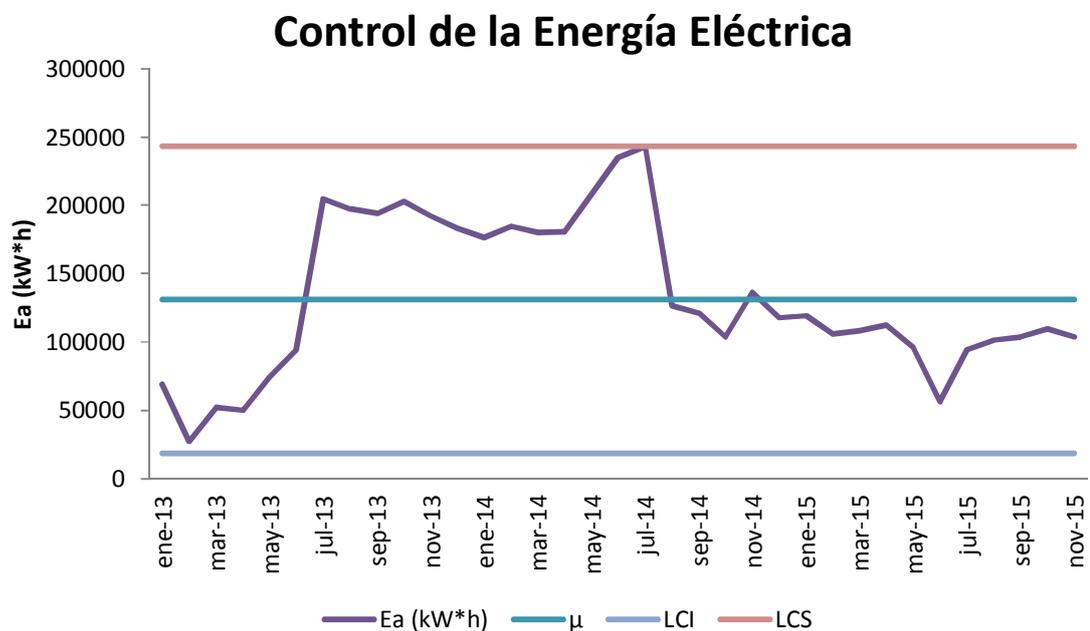


Figura 3.6 Comportamiento de la energía eléctrica dentro de los límites de control.

### 3.1.6 Valoración de las sumas acumulativas (CUSUM).

En la figura 3.7 se representa el gráfico de las sumas acumulativas (CUSUM) evidenciándose un incremento del uso de la energía eléctrica en comparación con el año 2013. Este resultado es posible al incremento de las producciones de galones de helados, y la puesta en explotación de nuevos compresores y congeladoras, en la línea de producción.

## SUMAS ACUMULATIVAS

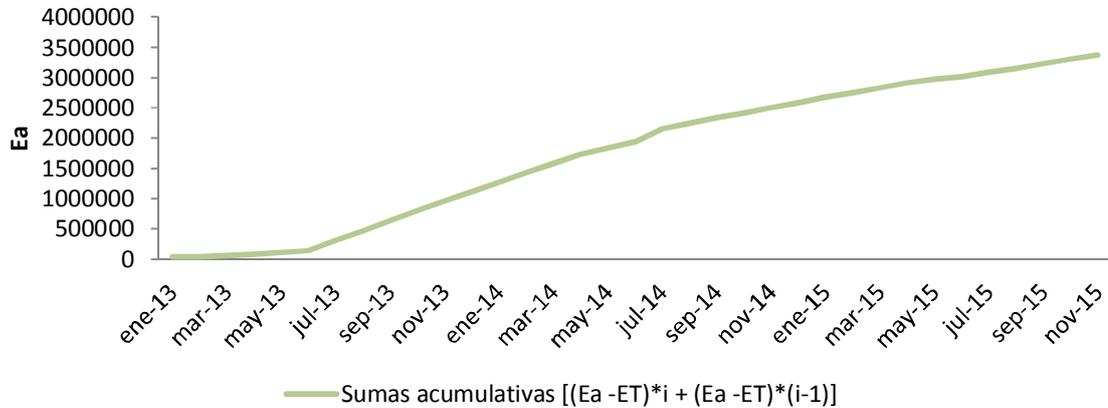


Figura 3.7 Sumas acumulativas (CUSUM).

## 3.2. Valoración de la Calidad de la Energía

### 3.2.1 Valoración del voltaje en las fases.

En la figura 3.8 se muestran los resultados del voltaje en las diferentes fases, donde se aprecia que no hay existencia de desfase, evidenciando estabilidad en el funcionamiento en 440 V para el periodo del 25 de noviembre al 2 de diciembre de 2015.

### Voltaje en las fases a 440 V

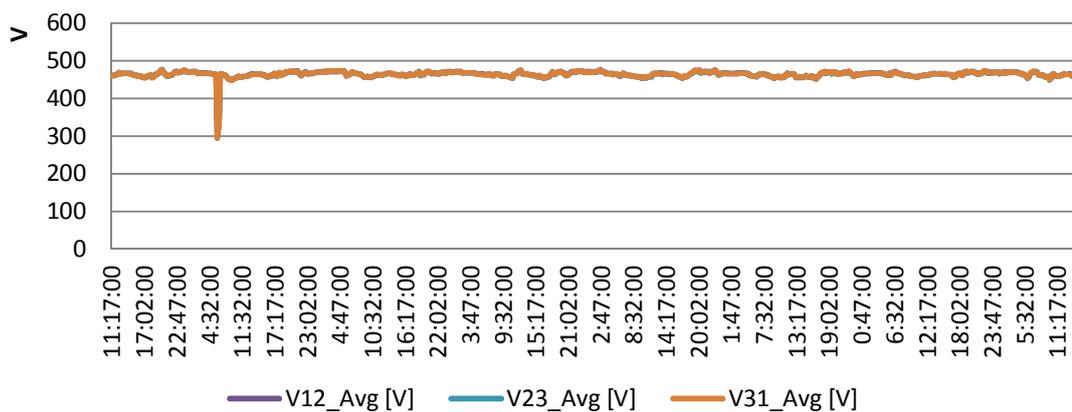


Figura 3.8 Comportamiento del voltaje en las fases

Por su parte, en la figura 3.9 se muestran los resultados del voltaje en las diferentes fases, donde se aprecia que no hay existencia de desfase, evidenciando estabilidad

en el funcionamiento en 220 V para el periodo del 25 de noviembre al 2 de diciembre de 2015.

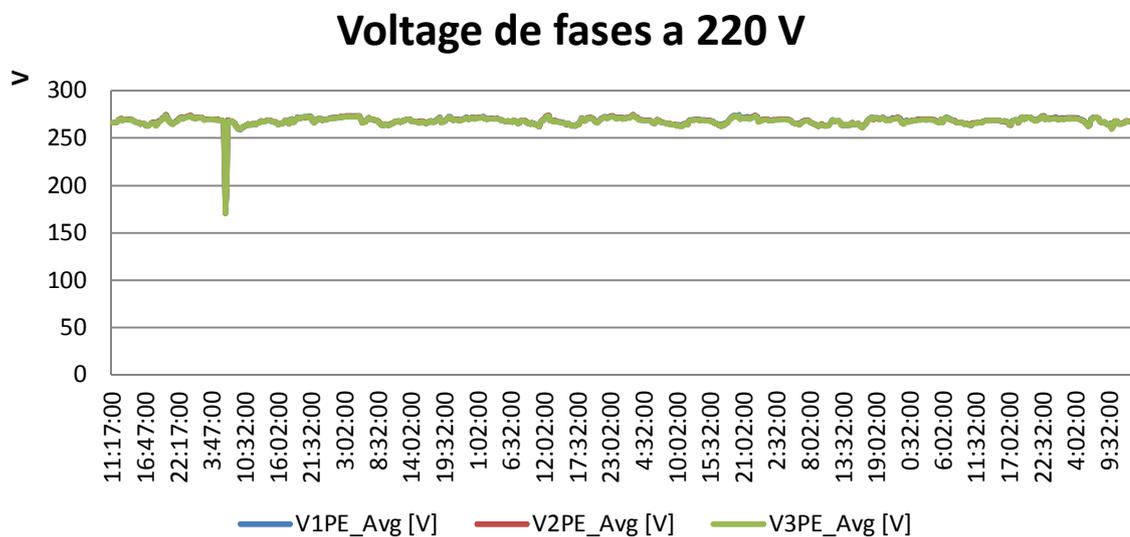


Figura 3.9 Comportamiento del voltaje en las fases

### 3.2.2 Valoración de la intensidad de la corriente eléctrica

En la figura 3.10 se presenta los resultados de la corriente eléctrica en las diferentes fases, donde se evidencia inestabilidad de esta en el periodo analizado de los días 25 de noviembre al 2 de diciembre del año 2015, esto es debido fundamentalmente al deficiente funcionamiento de los motores eléctricos de la línea de producción de helados, los cuales tienen más de 10 años de explotación.

### Intensidad de la Corriente Eléctrica

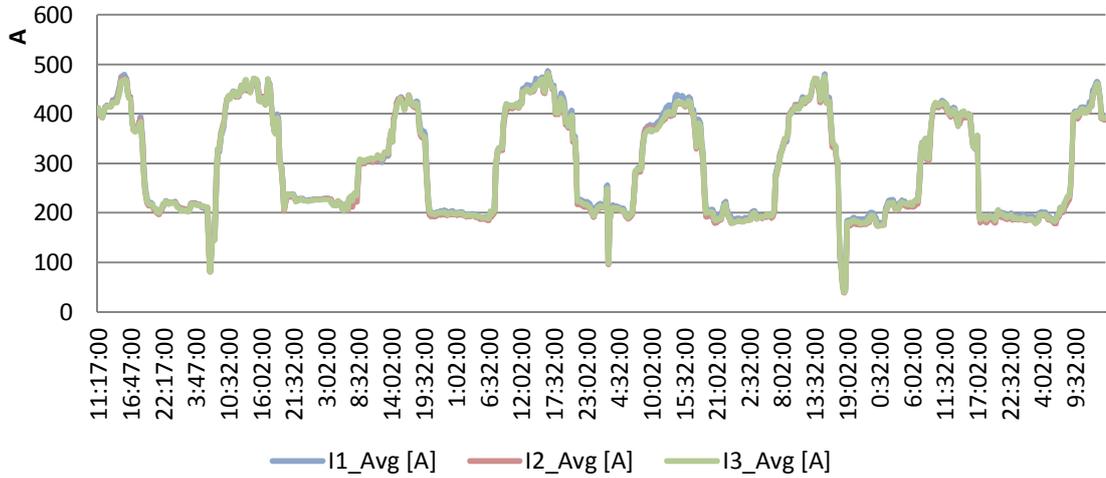


Figura 3.10 Comportamiento de la intensidad de la corriente eléctrica.

### 3.2.4 Valoración de la potencia activa

En la figura 3.11 se muestran los resultados de la potencia activa en las diferentes fases, apreciándose un comportamiento estable para el periodo analizado de los días 25 de noviembre al 2 de diciembre del año 2015, ya que no hay presencia de desfase.

### Potencia activa en las fases

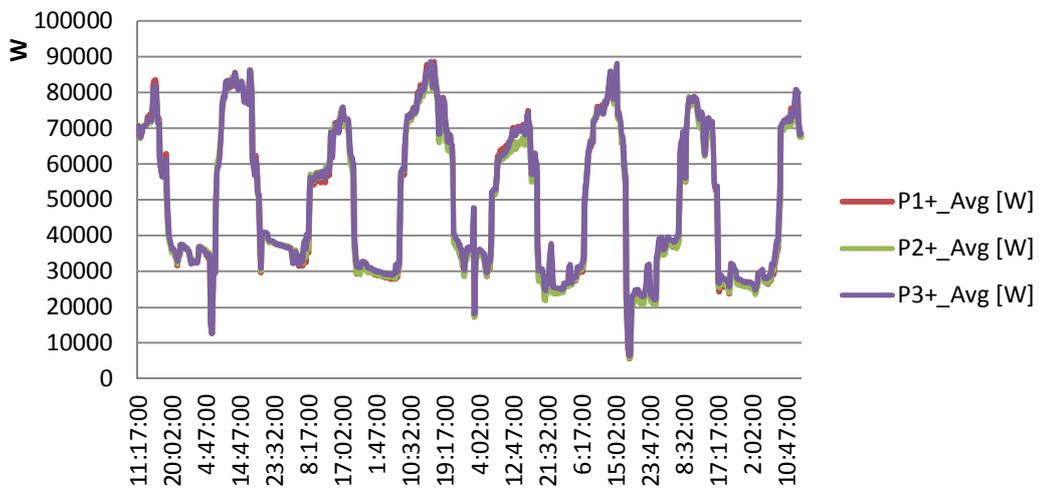


Figura 3.11 Comportamiento de la potencia activa (W).

### 3.3.5 Valoración de la potencia reactiva

En la figura 3.12 se muestran los resultados de la potencia reactiva en las diferentes fases, apreciándose un comportamiento estable para el periodo analizado de los días 25 de noviembre al 2 de diciembre del año 2015, ya que no hay presencia de desfase.

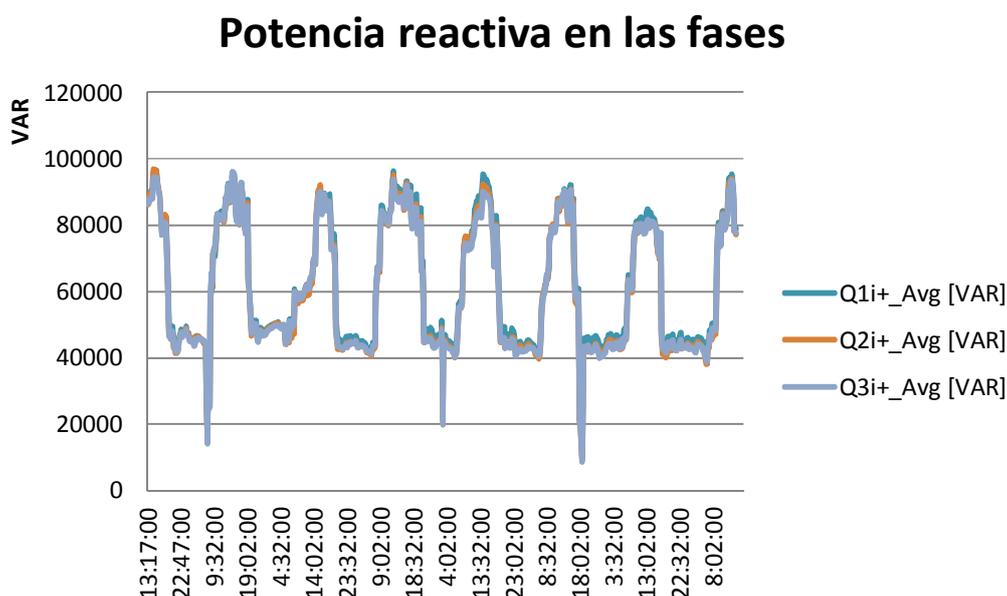


Figura 3.12 Comportamiento de la potencia reactiva (VAR).

### 3.2.6 Valoración del Factor de Potencia

En la figura 3.13 se muestran los resultados del Factor de Potencia, apreciándose que los valores se encuentran por debajo de 0.9, para el periodo analizado de los días 25 de noviembre al 2 de diciembre del año 2015. De hecho, este resultado demuestra que hay un incremento de energía reactiva, lo que implica realizar un estudio para mejorar el Factor de Potencia mediante el montaje de un banco de capacitores.

### Factor de Potencia

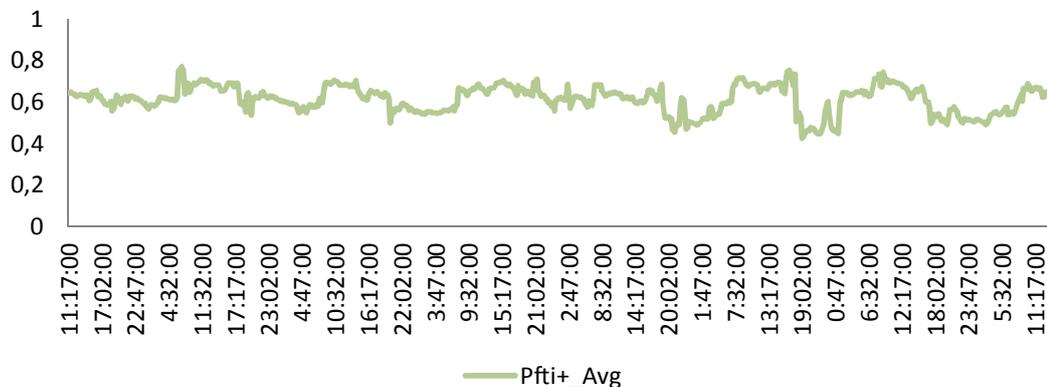


Figura 3.13 Comportamiento del Factor de Potencia.

### 3.2.7 Valoración de las distorsiones armónicas

En la figura 3.14 se muestra los resultados de las distorsiones armónicas de la corriente eléctrica, apreciándose que hay existencias de las mismas ya que superan el 5 %, establecido para la ocurrencia de estas en la red.

### Armónicos de corriente eléctrica

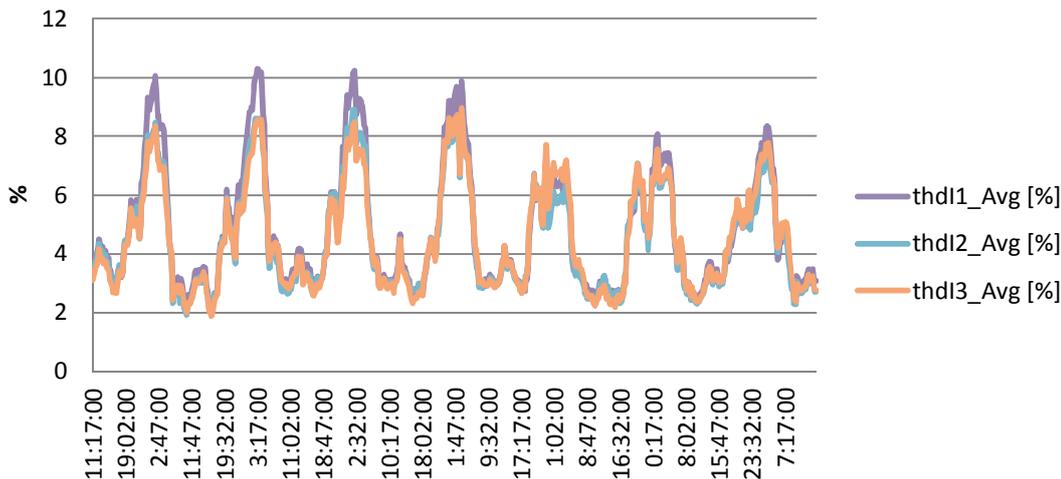


Figura 3.14 Comportamiento de los armónicos de corriente eléctrica.

Por su parte en la figura 3.15 se muestra los resultados de las distorsiones armónicas del Voltaje (Tensión), apreciándose que no hay existencias de las mismas ya que superan el 10 %, establecido para la ocurrencia de estas en la red.

### Armónicos de la Tensión

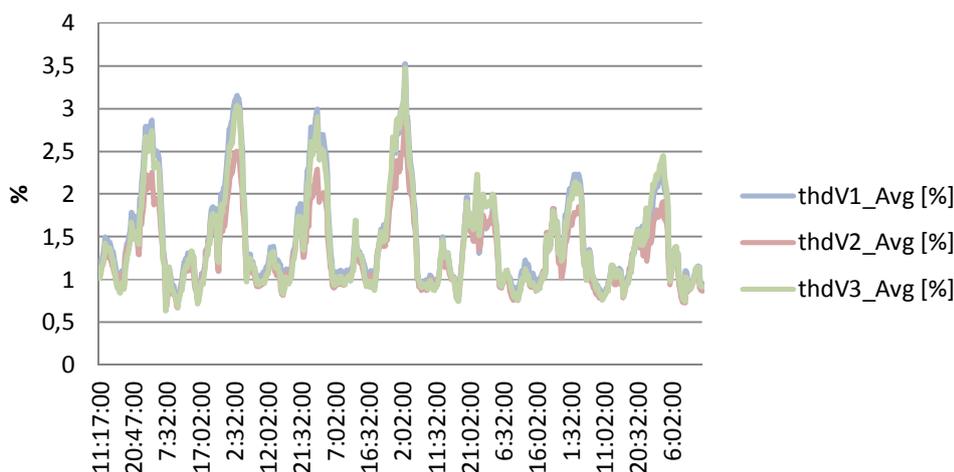


Figura 3.15 Comportamiento de los armónicos de la Tensión.

### 3.3. Valoración económica.

Para poder analizar el costo generado en los periodos analizados de los años 2013, 2014 y 2015, en cuanto al uso del portador energía eléctrica, se tomara el precio del kW para este tipo de consumidor y se hallará la relación del cargo variable.

En la tabla 3.1 se muestran los resultados de los gastos energéticos, teniendo en cuenta los consumos de energía no asociados a los procesos productivos, alcanzando un valor de 108938,7 pesos en MN, en los tres años analizados.

Tabla 3.1 Gastos incurridos en los consumos de energía eléctrica no asociados a los procesos productivos.

Año	Eo (kW*h)	Precio	Importe (MN)
2013	65652	0,9	59086,8
2014	21072	0,9	18964,8
2015	34319	0,9	30887,1
<b>Total</b>			<b>108938,7</b>

### **III - CONCLUSIONES**

### III - CONCLUSIONES

1. Las áreas de mayor consumo de energía eléctrica son la Sala de Máquinas y la de Preparación de Sabores con un 80,4 %.
2. El portador energético de mayor consumo en toneladas equivalente de petróleo fue la energía eléctrica con un 97 %
3. Las variables evaluadas energía eléctrica y la producción presentan una correlación débil, ya que los valores  $R^2$  son inferiores a 0,2 en los años 2013 y 2014.
4. Las variables evaluadas energía eléctrica y la producción presentan una correlación fuerte, ya que el valor de  $R^2$  es 0,86, lo que se considera aceptable para el periodo evaluado del año 2015.
5. Las variables de la energía y la Producción en el tiempo, presenta un deficiente comportamiento de forma general, para el periodo analizado (años 2013, 2014 y 2015), ya que al aumentar una la otra disminuye y viceversa.
6. Se evidencia una mejoría del estado energético de la Fábrica de Helados de Bayamo en el año 2015.
7. La Gestión energética de la Fábrica de Helados es Incompetente e Inconsciente.

## **IV - RECOMENDACIONES**

#### **IV – RECOMENDACIONES**

1. Implementar medidas técnico-organizativas que contribuyan al ahorro de la energía eléctrica.
2. Tomar en cuenta los resultados de esta investigación para las posibles sustituciones de equipos que poseen más de 10 años de explotación, y trabajan ineficientemente.
3. Montar banco de capacitores para mejorar el Factor de Potencia, ya que durante las mediciones efectuadas se demostró que está por debajo de 0.7.

## **V - BIBLIOGRAFÍA**

## V - BIBLIOGRAFÍA

- Albistur Marín, F. X. (2014). La transición energética: un reto al desarrollo sostenible. *Cuadernos del CENDES Año 31 Tercera Época, Vol. 86*, 149-115.
- Álvarez, D. (2001). Épocas para plantar la caña de azúcar. *ATAC (Cuba) 62(1)*, 7-10.
- Aragón, C. S., Pamplona, E., & Vidal Medina, J. R. (2013). Identificação de investimentos em eficiência energética e sua avaliação de risco. *Gestão & Produção, Vol. 20*, 525-536.
- Becheran, S., Manuel, J., Gonzalez, N., Julio, Ley, C., & Nestor. (2013). Sistema de gestión total de eficiencia energética en una destilería de etanol de caña de azúcar. *System of total administration of energy efficiency in a still of ethanol of sugar cane.*, 40(1), 33-40.
- Birner, S., & Martinot, E. (2005). Promoting energy-efficient products: GEF experience and lessons for market transformation in developing countries. *Energy Policy, Vol. 33(14)*, 1765-1779.
- Borges Vasconcellos, D., Pérez Abril, I., & León Martínez, V. (2012). Compensación de potencia reactiva en sistemas desbalanceados utilizando algoritmos genéticos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 20*, 284-292.
- Borroto Nordelo, A., Monteagudo Yanes, J. P., de Armas Teyra, M., Pérez Landín, J., Montesino Pérez, M., & Montelíer Hernández, S. (2002). *Ahorro de Energía en Sistemas Termomecánicos*. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos, Unión Eléctrica.
- Borroto Nordelo, A. E., Viego Felipe, P., Lapido, M., & Monteagudo Yanes, J. P. (2001). *Gestión Energética Empresarial* (primera ed. Vol. 1). Cienfuegos: CEEMA, Universidad de Cienfuegos.
- Cadena, Á. I. (2007). La política energética colombiana y los "Retos de Coordinación". *Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes, Vol. 25*, 104-113.
- Campos Avella, J. C., Dorta G, R., & Santos, L. (1995). Eficiencia Energética y Competitividad de Empresas. *Energy Manager, Vol. 2*, 5-7.
- Campos Avella, J. C., Lora Figueroa, E. D., Tovar Ospino, I., Prias Caicedo, O. F., Quispe Oqueña, E. C., & Vidal Medina, J. R. (2008). Modelo de gestión energética para el sector productivo nacional. *Revista Magazin, Vol. 6, No. 1*, 23-27.
- Campos Avella, J. C., Lora Figueroa, E. D., Tovar Ospino, I., Prias Caicedo, O. F., Quispe Oqueña, E. C., & Vidal Medina, J. R. (2008). Modelo de gestión energética para el sector productivo nacional *Vol. 6, No. 1*, 23-27.
- Cañizares-Pentón, G., Rivero-Aragón, M. F., Pérez-Bermúdez, R. A., & González-Suárez, E. (2014). La gestión energética y su impacto en el sector industrial de la provincia de Villa Clara, Cuba. *The Energetic Management and his Impact at Villa Clara's Industry, Cuba, 34(1)*, 11-23.
- Sistema de gestión de eficiencia energética ISO 50001:2011 (2012a).
- Carretero Peña, A. (2012b). *Sistema de Gestión de Eficiencia Energética ISO 50001:2011: La contribucion a la eficiencia energetica de los sistemas de gestión y las auditorias energéticas*. Paper presented at the Cumbre de Gestión Sostenible 2012, Madrid, España.
- Carrillo Rojas, G., Andrade Rodas, J., Barragán Escandón, A., & Astudillo Alemán, A. (2014). Impact of electrical energy efficiency programs, case study: Food processing companies in Cuenca, Ecuador. *DYNA, Vol. 81*, 41-48.

- Cavas-Martínez, F., Gallardo, J. A., Fernández-Pacheco, D. G., & Conesa, J. (2013). *Improvement of integral energy efficiency in the northwest regional hospital of Murcia (IV area – Murcian health service)*. Paper presented at the 17th International Congress on Project Management and Engineering Logroño, 17-19th July 2013, Cartagena, Murcia-España, Servicio Murciano de Salud.
- Cereijo, M. (2005). CUBA: Crisis de energía eléctrica. *Revista Electrónica GUARACABUYA*.
- Correa Soto, J., Borroto Nordelo, A. E., Alpha Bah, M., González Álvarez, R., Curbelo Martínez, M., & Díaz Rodríguez, A. M. (2014). Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011. *Ingeniería Energética, Vol. 35*((1)), 38-47.
- Cubadebate. (2014). Cuba apuesta por una energía mas limpia y eficiente. 24 de octubre de 2014, from <http://www.cubadebate.cu/especiales/2014/08/14/Cuba-apuesta-por-una-energía-más-limpia-diversa-y-eficiente>
- Del Pilar Castrillon, R., González, A. J., & Quispe, E. C. (2013). Mejoramiento de la eficiencia energética en la Industria del cemento por proceso húmedo a través de la implementación del sistema de Gestión Integral de la Energía (GIE). *Dyna 80, Vol. 177* 115-123.
- Fernández Velázquez, L., Carbonell Morales, T., & Aballe Infante, L. (2014). Aplicación de Gestión Total Eficiente de Energía en el Centro Internacional de Salud "La Pradera". *Ingeniería Energética, Vol. 35*, 112-121.
- Gaseta Oficial, R. d. C. (2006). *La Revolución Energética en Cuba. Material de estudio marzo-abril*. La Habana.
- Gómez, R., & Santos, L. (1998). Eficiencia Energética y Competitividad de Empresas. (pp. 80). Cienfuegos, Cuba: Editorial UCF.
- Gram Equipment A/S. (2002). Producción de Helados de Crema. *Industria Alimenticia, 13*(2), 32-34.
- Jochem, E., & Gruber, E. (2007). Local learning-networks on energy efficiency in industry. *Successful initiative in German Applied Energy, 84*((7-8)), 806-816.
- Lara Coira, M. (2007). Escenarjo energético mundial. *DYNA, Vol. 82*((9)), 471-478.
- Machado, C. A. S. (2010). Gestión energética empresarial una metodología para la reducción de consumo de energía. *Energy management in business a method to reduce energy consumption, 5*(2), 107-126.
- Monteagudo Yanes, J. P., & Gaitan R., O. G. (2005.). Herramientas para la gestión energética empresarial. *Scientia et Technica, Vol. XI*((29)), 169-174.
- ONEI. (2014). *Electricidad en CUBA indicadores seleccionados*. La Habana: Oficina Nacional de estadística e Información Retrieved from [www.onei.cu](http://www.onei.cu).
- Pacheco Gamboa, R. F. (2006). *Gestión de la Energía y Agua de la Universidad de Granma*. (Tesis de Maestría en Eficiencia Energética), Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, 2006., Cienfuegos, Cuba.
- Revista Bohemia. (2005). Descubren nuevos posos de petroleos en Santa Cruz del norte. Retrieved 22 de diciembre de 2014, from [www.bohemia.cubaweb.cu/2005/ene/03/sumarios/economia/articulo3.htm](http://www.bohemia.cubaweb.cu/2005/ene/03/sumarios/economia/articulo3.htm)
- Sarkar, A., & Singh, J. (2010). Financing energy efficiency in developing countries--lessons learned and remaining challenge. *Energy Policy, Vol. 38*((10)), 5560-5571.
- UNE 216301:2007 Sistema de Gestión Energética (2007).

- The International Energy Outlook 2013 (IEO2013) (2013). *Analysis & Projections* U.S Energy Information Administration Retrieved from <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/>.
- Vanegas, J., & Botero, S. (2012). Eficiencia energética en microempresas de Medellín: un estudio de valoración de barreras. *Lecturas de Economía*, Vol. 77, 129-161.
- Vanegas López, J. G., & Cataño Rojas, J. G. (2012). Modelos de gestión energética: revisión de algunas experiencias internacionales y perspectivas para Colombia. *Revista TRILOGÍA*, Vol. 6((6)), 77–92.
- Vidal Medina, J. R., Quispe, E., Prías, O., & Campos Avella, J. C. (2006). *Análisis comparativo de las metodologías aplicadas internacionalmente para la gestión energética*. Paper presented at the Memorias II Congreso Internacional sobre Uso Racional y Eficiente de la Energía, Cali, Colombia.
- Vidal, J. R., Quispe, E., Prías, O., & Campos, J. C. (2006 ). *Análisis comparativo de las metodologías aplicadas internacionalmente para la gestión energética*
- Vidal, J. R., Quispe, E., Prías, O., & Campos, J. C. (2007). *Modelos de gestión. Un análisis crítico*. Conferencia retrieved from
- Viego Felipe, P., de Armas Teyra, M., & Padrón Padrón, A. (2002). *Ahorro de Energía en Sistemas de Suministro Eléctrico Industrial* (Vol. Vol. 1). Cienfuegos: Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente Universidad de Cienfuegos (C EEMA).
- Zonas calientes. (2004). El servicio eléctrico de Cuba mejorará en 2005. Retrieved 22 de diciembre de 2014, from <http://www.americaeconomica.com/numeros4/298/noticias/>.

## **VI-ANEXOS**

## ANEXO 1

**TABLA 1 Caracterización Técnica de los equipos de la Fábrica de Helados de Bayamo.**

Nombre Equipo	Cant.	Marca	Modelo	País	Fecha Instalación	Años de trabajo	Estado técnico
Bomba Sanitaria	1	Power	200 ND	Inglat.	1976	28	B
Cortina para Frío	1	Alfa Laval	P- 13	SUECIA	1976	28	B
Motobomba Centrífuga	2	Alfa Laval	MR	SUECIA	1976	28	B
Motobomba Sanitaria	8	Alfa Laval	MF-IA-145	SUECIA	1976	28	B
Pre calentador	1	Alfa Laval	P5. RB	SUECIA	1976	28	B
Bomba Positiva	1	Pumper	205 ND	Inglat.	1976	28	Malo
Bomba Centrífuga	1	Alfa Laval	MF-2A	SUECIA	1976	28	B
Bomba Positiva	1	Power	250 ND	Inglat.	1976	28	B
Disolutor de MSS	1	Diesel	Z-63	SUECIA	1976	28	B
Bomba Centrífuga	2	Alfa Laval	MFO	SUECIA	1976	28	B
Bomba Positiva	3	Power	ESR-2	Inglat.	1976	28	B
Pasteurizador	1	Alfa Laval	P-45	SUECIA	1976	28	Malo
Homogenizador	1	Rannie	BF-3250	DINAM.	1976	28	Malo
Batidora de Mezcla	1	Varimixr	R-60	DINAM.	1976	28	B
Congeladores	3	Alfa Laval	F-1102 y 1	DINAM.	1976	28	Malo
Congeladores	2	Betzer	PC-300	ARGENTINA	2001	4	B
Congeladores	2	Technogel	FRIZER-20	ITALIA	2001	4	B
Obstrusora	1	Technogel		ITALIA	2001	4	B
Envolvedora	1	FTC	M-200	ITALIA	2001	4	B
Mesa Fría	1			ITALIA	2001	4	Bueno
Derritidora chocolate	1	RINA	COH	ARGENTINA	2003	2	Bueno
Bañadora de porciones	1	RINA	BCPA-20	ARGENTINA	2003	2	Bueno
Túnel congelado	1	RINA	PCE-750	ARGENTINA	2003	2	Bueno
Cuba fundido (dulce leche)	1	WEE		ARGENTINA	2003	2	Bueno
Bomba Centrífuga (suministro H2O)	3	CRERHO	4K- 18	URSS	1981	24	Bueno

Motonbomba Centrífuga	3	SONESSO	NH 65/50-1	SUECIA	1976	24	Bueno
Compresor NH3 (refrigeración)	1	STAL	SVA- 56	SUECIA	1976	28	Bueno
Bomba NH3	1		LQ- 4925	ESPAÑA	2001	4	Bueno
Bomba	1	5 CORVL	230- 35	CUBA	1990	15	Bueno
Bomba	2	4 CRVL	200-30	CUBA	1993	12	Bueno
Compresor York	1	YORK	SAB- 163 HM	BRASIL	2004	1	Bueno
Condensador Evaporad.	2	MEBAFRE	CETF- 810	BRASIL	2005		Bueno
Difusor Amoniaco	2						
Bomba NH3	1	HERMETIC PUMP	CAM 2/24	ALEMANIA	2004	1	Bueno

## ANEXO 2.

**TABLA 2. Caracterización energética de los equipos de la línea de trabajo de la Fábrica de Helados de Bayamo**

Nombre Equipo	Función del equipo	Cant.	Marca	Capacidad	Motores Eléctricos		
					kW	# fases	RPM
Bomba Sanitaria	Rec. Leche	1	Power	10 000 L*h <sup>-1</sup>	4	3	1420
Cortina para Frío	Enf. Leche	1	Alfa Laval		1,2	3	3125
Motobomba Centrífuga	Rec. Leche	2	Alfa Laval	20 000 L*h <sup>-1</sup>	9	3	1730
Motobomba Sanitaria	Rec. Leche	8	Alfa Laval	20 000 L*h <sup>-1</sup>	3,6	3	3460
Pre calentador	Calentar leche	1	Alfa Laval	20 000 L*h <sup>-1</sup>	3,6	3	3460
Bomba Positiva	Bomb. Mezcla	1	Pumper	15 000 L*h <sup>-1</sup>	4	3	1420
Bomba Centrífuga	Bomb. Mezcla	1	Alfa Laval	30 000 L*h <sup>-1</sup>	4,8	3	3450
Bomba Positiva	Bomb. Mezcla	1	Power	20 000 L*h <sup>-1</sup>	4	3	1420
Disolutor de MSS	Derretir MSS	1	Diesel	1 00 L*h <sup>-1</sup>	2,2	3	3430
Bomba Centrífuga	Bomb. MSS	2	Alfa Laval	10 000 L*h <sup>-1</sup>	1,3	3	3420
Bomba Positiva	Bomb. Mezcla	3	Power	12 000 L*h <sup>-1</sup>	4	3	1420
Pasteurizador	Pasteurizar	1	Alfa Laval	8 000 L*h <sup>-1</sup>			
Homogeneizador	Homogenizar	1	Rannie	8 000 L*h <sup>-1</sup>	55	3	1150
Batidora de Mezcla	Batir	1	Varimixr		1,8	3	1706
Congeladores	Congelar	3	Alfa Laval	1620 L*h <sup>-1</sup>	23,5	3	1760
Congeladores	Congelar	2	Betzer		9,5	3	1750
Congeladores	Congelar	2	Technogel		7	3	1450
Obstrusora	Endurecer Pal.	1	Technogel	6 000 P*h <sup>-1</sup>		3	
Envolvedora	Envolver P.	1	FTC		37		1740
Mesa Fría	Mantener palet.	1			1,8	1	
Derretidora chocolate	Derretir chocol.	1	RINA				
Bañadora de porciones	Bañar	1	RINA				
Túnel congelado	Congelar	1	RINA				
Cuba fundido (dulce leche)	Fundir Queso	1	WEE		1,5		1240

Bomba Centrífuga (suministro H <sub>2</sub> O)	Bombear	3	CRERHO	100,2 m <sup>3</sup>	7,5	3	3470
Motobomba Centrífuga	Bombear	3	SONESSO	35 m <sup>3</sup> /h	7,5	3	3490
Compresor NH <sub>3</sub> (refrigeración)	Comprimir	1	STAL	190 kcal*h <sup>-1</sup>	86	3	3490
Bomba NH <sub>3</sub>	Bombear NH3	1		7,5 m <sup>3</sup>	2,2	3	1690
Bomba	Bombear	1	5 CORVL	230 m <sup>3</sup> /h	45	3	1750
Bomba	Bombear	2	4 CRVL	200 m <sup>3</sup> /h	22	3	1750
Compresor York	Comprimir NH3	1	YORK	767 m <sup>3</sup> /h	185	3	3565
Condensador Evaporad.	Condensar NH3	2	MEBAFRE	800000 kcal*h <sup>-1</sup>			
Difusor Amoniaco		2					
Bomba NH3	Bombear NH3	1	HERMETIC PUMP	7,2 m <sup>3</sup> /h		3	3400

### ANEXO 3.

Tabla 3. Estructura Organizativa de la Empresa de Productos Lácteos de Bayamo.

ÁREAS DE TRABAJO	PERSONAL DE LA FÁBRICA
<b>DIRECCIÓN:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Director</li> <li>• 3 técnicos</li> <li>• 1 chofer</li> </ul>
<b>GRUPO DE GESTIÓN DEL CAPITAL HUMANO:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Jefe de grupo.</li> <li>• 3 Especialistas</li> <li>• 1 técnico.</li> </ul>
<b>GRUPO DE CONTABILIDAD Y FINANZAS:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Jefe de grupo</li> <li>• 1 Especialista económico</li> <li>• 3 Contadores "C"</li> <li>• 2 Contadores "D"</li> </ul>
<b>GRUPO TÉCNICO PRODUCTIVO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Analistas A en Producción</li> <li>• 2 Esp. B en Procesos Tecnológico para Producción.de la Alimentación</li> <li>• Técnico en Producción</li> </ul>
<b>EQUIPO LABORATORIO DE CONTROL DE LA CALIDAD DE LA PRODUCCION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 Esp. "C" en Gestión de la Calidad</li> <li>• 6 Técnico en Análisis de los Alimentos</li> <li>• 2 Operario Auxiliar B de Elaboración de Producciones de la Industria Alimenticia</li> </ul>
<b>EQUIPO DE ABASTECIMIENTO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Jefe de Equipo</li> <li>• 1 Técnico en Gestión Comercial</li> <li>• 1 Controlador Facturador y un Técnico en Gestión Comercial</li> </ul>
<b>ALMACÉN DE UTILES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encargado de almacén.</li> </ul>

<b>ALMACÉN DE INSUMOS PRODUCTIVOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Encargado de Almacén y un dependiente.</li> <li>• 5 Ayudantes y un operario.</li> </ul>
<b>ÁREA DE VENTA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Jefe de Área</li> <li>• 1 Especialista "C" en Gestión Comercial</li> <li>• 1 Controlador – Facturador</li> <li>• 2 Agente de Ventas</li> </ul>
<b>BRIGADA NO. 1 DE VENTAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Operario de Recepción y Despacho ( Jefe de Brigada)</li> <li>• Controlador – Facturador</li> <li>• 8 Nevero de la industria Alimenticias</li> <li>• 2 Ayudante</li> </ul>
<b>BRIGADA NO. 2 DE VENTAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Operario de Recepción y Despacho ( Jefe de Brigada)</li> <li>• 9 Nevero de la Industria Alimenticia</li> <li>• 2 Ayudante</li> </ul>
<b>BRIGADA NO. 3 DE VENTAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Operario de Recepción y Despacho ( Jefe de Brigada)</li> <li>• 1 Nevero de la Industria Alimenticia</li> </ul>
<b>ÁREA DE MANTENIMIENTO Y REPARACION INDUSTRIAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Jefe de Área</li> <li>• 1 Técnico en Mantenimiento</li> </ul>
<b>BRIGADA NO. 4 REFRIGERACION Y CLIMATIZACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Mecánico de Mantenimiento</li> <li>• 13 Operario de Instalaciones de Aire, Agua, y Refrigeración</li> <li>• 1 Engrasador Automotor.</li> <li>• 5 Ayudante</li> </ul>
<b>BRIGADA NO. 5 MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Mecánico de Mantenimiento A</li> <li>• 5 Mecánico de Mantenimiento B</li> <li>• 2 Operario de Maquinas Herramientas A</li> <li>• 1 Soldador A y 1 Soldador B.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Engrasador Automotor</li> <li>• 2 Pañoleros</li> </ul>
<b>BRIGADA NO. 6 MANTENIMIENTO ELÉCTRICO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Electricista "A" de Mantenimiento</li> <li>• 2 Técnico en Automatización e instrumentación</li> <li>• 1 Electricista Enrollador "A"</li> <li>• 1 Electricista "A" de Mantenimiento</li> <li>• 5 Electricista "B" de Mantenimiento</li> <li>• 1 Ayudante</li> </ul>
<b>BRIGADA NO. 7 ENERGIA Y SERVICIOS COMPLEMENTARIOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Mecánico de Mantenimiento "A"</li> <li>• 3 Mecánico de Mantenimiento "B"</li> <li>• 5 Operador de Calderas</li> <li>• 1 Plomero Instalador "A"</li> <li>• 5 Operario "B" de Planta de Tratamiento de Agua y Residuales</li> <li>• 4 Operador "B" de Grupo Electrónico</li> <li>• 1 Soldador "A"</li> <li>• 4 Operador "B" de Bomba</li> </ul>
<b>PLANTA DE HELADOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Jefe de Planta</li> <li>• 1 Analista "A" en Producción</li> </ul>
<b>BRIGADA NO. 8 SALON DE LLENAJE.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Operario "A" de Líneas de Envases de Productos Alimenticia</li> <li>• 11 Operario Auxiliar "B" de Elaboración de Productos I.A.</li> <li>• 2 Ayudantes</li> </ul>
<b>BRIGADA NO. 9 MINI - PLANTA DE HELADOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Operario "A" de Líneas de Envases de Productos Alimenticios</li> <li>• 11 Operario Auxiliar "B" de Elaboración de Productos I.A.</li> <li>• 2 Ayudantes</li> </ul>
<b>BRIGADA NO. 10 PREPARACION DE MESCLA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Operario "A" de Elaboración de Productos de la Industria Alimenticia.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Operario de Tratamiento de Leche</li> </ul>
<b>BRIGADA NO. 11 DE LIMPIEZA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Operario "A" de Elaboración de Productos de la Industria Alimenticia.</li> <li>• 2 Operario "B" de Elaboración de Productos de la Industria Alimenticia.</li> <li>• 4 Ayudantes</li> </ul>
<b>BRIGADA NO. 12 LIMPIEZA DE ENVASES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 Operario Aux. "B" de Elaboración de Productos de la Industria Alim.</li> <li>• 1 Ayudante</li> </ul>
<b>BRIGADA NO. 13 DULCE DE LECHE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Operario "A" de Líneas de Envases de Productos Alimenticia</li> <li>• 1 Operario "B" de Maquinas Conformadoras y Llenadoras de Envases</li> <li>• 1 Operario "A" de Elaboración de Productos de la Industria Alimenticios</li> <li>• 2 Ayudantes</li> </ul>

#### ANEXO 4.



Figura 1. Acto de medición con el metro-contador marca MODBUS

## ANEXO 5



Figura 2. Metro-contador trifásico marca MODBUS

## ANEXO 6

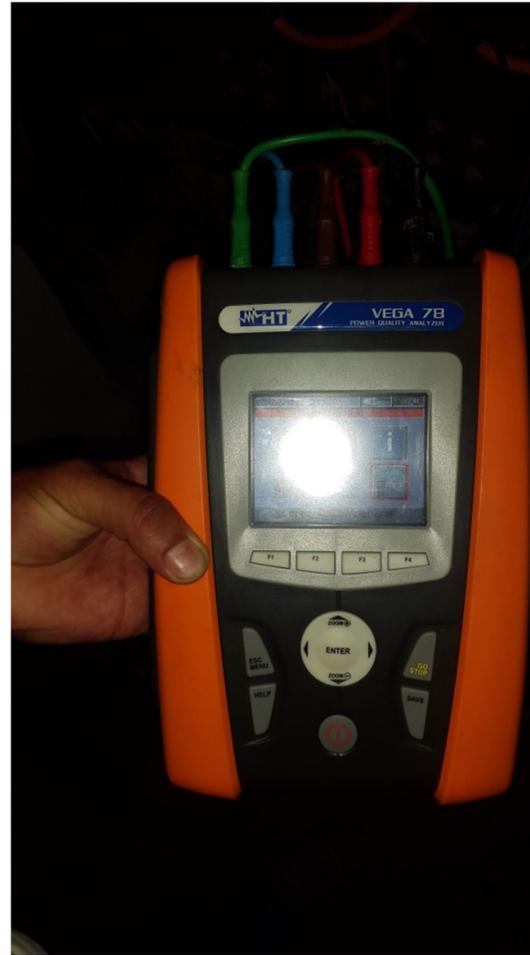


Figura 2. Representación del acto de medición con el analizador de redes marca VEGA 78

**ANEXO 7****Tabla 4 Producción de helados en moneda nacional (Hel MN) y en Divisa convertible (Hel Div)**

<b>Periodo</b>	<b>Helado</b>	<b>Helado</b>	<b>Producción actual</b>
<b>Meses</b>	<b>Hel MN</b>	<b>Hel Div.</b>	<b>Pa (G)</b>
<b>ene-13</b>	59,95	1,613	61563,00
<b>feb-13</b>	75,564	2,507	78071,00
<b>mar-13</b>	71,5	3,906	75406,00
<b>abr-13</b>	57,279	3,27	60549,00
<b>jun-13</b>	85,126	1,868	86994,00
<b>jul-13</b>	86,533	4,379	90912,00
<b>ago-13</b>	85,2	2,089	87289,00
<b>sep-13</b>	69,504	3,994	73498,00
<b>oct-13</b>	83,242	3,291	86533,00
<b>nov-13</b>	83,125	3,541	86666,00
<b>dic-13</b>	56,242	2,388	58630,00
<b>ene-14</b>	49,4886	4,5476	54036,20
<b>feb-14</b>	76,9822	5,451	82433,20
<b>mar-14</b>	47,572	3,069	50641,00
<b>abr-14</b>	25,097	1,799	26896,00
<b>jun-14</b>	75,412	4,289	79701,00
<b>jul-14</b>	56,844	1,921	58765,00
<b>ago-14</b>	99,414	2,497	101911,00
<b>sep-14</b>	36,2909	1,401	37691,90
<b>oct-14</b>	99,834	2,302	102136,00
<b>nov-14</b>	96,796	3,534	100330,00
<b>dic-14</b>	89,47	3,941	93411,00
<b>ene-15</b>	78,101	3,0115	81112,50
<b>feb-15</b>	66,6845	2,322	69006,50
<b>mar-15</b>	68,521	3,91	72431,00
<b>abr-15</b>	68,743	2,583	71326,00
<b>may-15</b>	56,165	2,828	58993,00
<b>jun-15</b>	25,97	1,3	27270,00
<b>jul-15</b>	51,5899	3,186	54775,90
<b>ago-15</b>	75,844	2,933	78777,00
<b>sep-15</b>	68,2806	2,362	70642,60
<b>oct-15</b>	66,0338	2,3219	68355,70
<b>nov-15</b>	75,267	1,457	76724,00



**ANEXO 9**

Meses	UM	Dulces MN	Dulces Div.
ene-13	T	<b>4,002</b>	<b>2,623</b>
feb-13	T	<b>4,316</b>	<b>4,132</b>
mar-13	t	<b>0,621</b>	<b>0,000</b>
abr-13	T	<b>0,725</b>	<b>8,220</b>
may-13	T	<b>1,419</b>	<b>0,000</b>
jun-13	T	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
jul-13	t	<b>0,901</b>	<b>6,520</b>
ago-13	t	<b>3,422</b>	<b>2,024</b>
sep-13	t	<b>6,043</b>	<b>1,559</b>
oct-13	t	<b>5,307</b>	<b>3,127</b>
nov-13	t	<b>2,131</b>	<b>3,968</b>
dic-13	t	<b>4,243</b>	<b>2,955</b>
ene-14	t	<b>0,375</b>	<b>4,422</b>
feb-14	t	<b>5,315</b>	<b>3,662</b>
mar-14	t	<b>3,636</b>	<b>6,708</b>
abr-14	t	<b>4,586</b>	<b>1,435</b>
may-14	t	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
jun-14	t	<b>0,350</b>	<b>9,002</b>
jul-14	t	<b>4,203</b>	<b>9,565</b>
ago-14	t	<b>1,495</b>	<b>8,850</b>
sep-14	t	<b>10,554</b>	<b>2,716</b>
oct-14	t	<b>3,807</b>	<b>5,201</b>
nov-14	t	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
dic-14	t	<b>1,817</b>	<b>5,739</b>
ene-15	t	<b>3,721</b>	<b>3,469</b>
feb-15	t	<b>7,130</b>	<b>5,187</b>
mar-15	t	<b>16,532</b>	<b>2,694</b>
abr-15	t	<b>6,064</b>	<b>0,000</b>
may-15	t	<b>6,695</b>	<b>4,558</b>
jun-15	t	<b>4,914</b>	<b>6,665</b>
jul-15	t	<b>12,746</b>	<b>5,890</b>
ago-15	t	<b>3,211</b>	<b>2,534</b>
sep-15	t	<b>10,334</b>	<b>5,479</b>
oct-15	t	<b>9,125</b>	<b>1,737</b>
nov-15	t	<b>1,602</b>	<b>7,182</b>
dic-15	t	<b>1,817</b>	<b>5,739</b>

