



UNIVERSIDAD  
**CIENFUEGOS**  
Carlos Rafael Rodríguez



## **Tesis en Opción al Grado de Máster en Eficiencia Energética**

# **Evaluación de Proyectos de Ahorro Energético en la Empresa Gastronómica de Cienfuegos**

*Autor: Ing. Jorge Luis Sánchez Conde.*

*Tutores: Dr. Mario Álvarez-Guerra Plasencia.*

*Dr. Sergio Montelier Hernández.*

**Año 52 de la Revolución  
Curso 2009-2010.**



## **CERTIFICACIÓN DE LOS TUTORES**

*Por medio de la presente aprobamos que la Tesis titulada **“Evaluación de Proyectos de Ahorro Energético en la Empresa Gastronómica de Cienfuegos”**, del autor Inq. Jorge L. Sánchez Conde , sea presentada al Acto de Defensa en opción al Título de Máster en Eficiencia Energética.*

*Para que así conste firmamos la presente en la Ciudad de Cienfuegos, a los 15 días del mes de Julio de 2010.*

*Firma del Tutor: \_\_\_\_\_*

*Firma del Tutor: \_\_\_\_\_*

## *Dedicatoria*

*Se dedica este trabajo a todas las personas que me han brindado su amor, respeto y cariño especialmente:*

- *A mi hijo y hermanos quienes siempre me han motivado y han sacrificado tanto para asegurar mi bien estar y mi futuro.*
- *A mis compañeros de trabajo quienes me han brindado todo el apoyo necesario.*

## *Agradecimientos*

*Agradezco a mi familia por siempre estar a mi lado, también agradezco a mis tutores Mario Álvarez Guerra Plasencia y Sergio Montelíer Hernández por su dedicación y por su gran apoyo, al claustro de profesores del CEEMA.*

*A todas los trabajadores del departamento URE de la Empresa Eléctrica de Cienfuegos especialmente a los ingeniero Ricardo Sevajanes y Noxoly Dias, por el apoyo que me proporcionaron en éste trabajo.*

Resumen

# Resumen

La Empresa de Gastronomía de Cienfuegos cataloga como una de las mayores consumidoras de energía eléctrica en el territorio cienfueguero. En los últimos años la administración de esta empresa ha emprendido varios trabajos de evaluación y mejora de sus variadas unidades de servicios, encaminados a incrementar su eficiencia energética, dentro de los que se inscribe la presente investigación.

Mediante la utilización de los principios de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE) desarrollada por el CEEMA se realiza una caracterización energética de las condiciones actuales de la empresa en su conjunto y de la unidad Coppelía Prado en particular, por su alta incidencia en el consumo eléctrico (identificado como principal portador energético).

Finalmente se determinan oportunidades de ahorro de energía y se evalúan, técnica, económica y ambientalmente, proyectos de ahorro energético en la unidad Coppelía Prado como: recálculo y ajuste de la capacidad de enfriamiento necesaria, seccionalización de la cámara frigorífica e instalación de un banco de capacitores para la mejora del factor de potencia.

## Índice

# *Introducción*

## Capítulo I

## Capítulo II

## Capítulo III

## *Recomendaciones*

## *Conclusiones Generales*

## *Referencias Bibliográficas*

*Anexos*

## *Bibliografía*

Introducción.....	3
Problema de investigación .....	5
Hipótesis	5
Objetivo general .....	5
Objetivos específicos .....	5
Capítulo I. Estado del Arte. ....	7
1.1- <i>Situación energética mundial.</i> .....	7
1.2- <i>Eficiencia energética en Cuba.</i> .....	11
1.3- <i>El sector de los Servicios Gastronómicos y el consumo energético.</i> .....	14
1.4- <i>Eficiencia energética de los sistemas de refrigeración</i> .....	16
1.4.1- Influencia de los componentes del sistema en la eficiencia energética. ....	18
1.4.2- Oportunidades de ahorro de energía en aire acondicionado y refrigeración.....	22
1.5 - <i>Conclusiones Parciales.</i> .....	23
Capitulo II: Caracterización Energética de la Empresa Municipal de Gastronomía Cienfuegos.	24
2.1- <i>Caracterización de la Empresa Municipal de Gastronomía Cienfuegos.</i> .....	24
2.1.1- Objeto Social de la Empresa: .....	24
2.1.2- Objetivo Estratégico de la Empresa.....	25
2.1.3. Objetivo Específico: .....	25
2.1.4- Organigrama estructural de la Empresa de Gastronomía de Cienfuegos. ....	26
2.1.5- Composición por tipo de unidades de la Empresa Gastronómica. ....	26
2.2.- <i>Caracterización Energética de la Empresa.</i> .....	27
2.2.1- Características técnicas y energéticas de los equipos de uso de la energía en la red gastronómica de Cienfuegos. ....	27
2.2.2- Estructura de Gastos de la Empresa de Gastronomía de Cienfuegos. ....	28
2.2.3 - Estructura de Consumo de Portadores Energéticos.....	29
2.2.4 - Comportamiento histórico del consumo de energía eléctrica de la red gastronómica. ....	31
2.2.5- Estratificación del consumo de energía eléctrica por tipo de unidades. ....	34
2.2.6- Estratificación del consumo de energía eléctrica de la Empresa Gastronómica. ....	35
2.2.7- Estado de la Gestión Energética en la Empresa Gastronómica.....	37
2.3 <i>Conclusiones Parciales.</i> .....	39
Capitulo III. Estudio Energético del “Coppelia Prado”.....	40
3.1- <i>Caracterización energética del Coppelia Prado.</i> .....	40
3.1.1- Diagrama de flujo del proceso productivo en el Coppelia. ....	40
3.1.2- Análisis del gasto de producción en el centro.....	40
3.1.3. Estructura de consumo de portadores energéticos. ....	41

3.1.4- Estructura del consumo energético por áreas de la unidad.....	41
3.1.5- Comportamiento de la producción y el consumo energético del centro en el periodo analizado. ....	42
3.1.6 - Diagrama del comportamiento de la energía eléctrica en el tiempo.....	44
3.1.7- Grafico de Energía y Producción en el Tiempo (E – P vs. T). ....	45
3.1.8- Diagrama de control del Índice de consumo. Período (2006 – 2008). ....	46
3.1.9- Análisis del comportamiento de la energía eléctrica utilizada en el periodo 2006 – 2008 con relación a la producción asociada.....	47
3.1.10- Diagrama Índice de consumo – Producción (IC vs. P). ....	48
3.1.11- Gráfico de Tendencias ó de Sumas Acumulativas (CUSUM).....	50
<b>3.2- Diagnóstico Energético Preliminar. ....</b>	<b>50</b>
3.2.1- Sistema de Refrigeración.....	51
3.2.2- Sistema de suministro eléctrico. ....	51
3.2.3- Resultados del diagnóstico.....	52
<b>3.3- Oportunidades de ahorro y uso racional de la energía. ....</b>	<b>53</b>
<b>3.4- Proyectos de mejora de ahorro y uso racional de la energía.....</b>	<b>53</b>
3.4.1- Instalación de un banco de capacitores para la mejora del factor de potencia. ....	53
3.4.2- Recálculo y ajuste de la capacidad de enfriamiento necesaria.....	56
3.4.3- Rediseño del sistema constructivo de la cámara de refrigeración y estrategia de almacenamiento.....	65
<b>3.5- Conclusiones Parciales:.....</b>	<b>78</b>
Conclusiones Generales:.....	80
Recomendaciones.....	82
Referencias Bibliográficas.....	83
Bibliografía	85

## Introducción.

El agotamiento de los recursos energéticos y el acelerado deterioro ambiental constituyen las mayores preocupaciones de la humanidad en la actualidad. Toda actividad entraña el uso de energía y consecuentemente impacto sobre el medio ambiente; no se exagera al decir que la historia de la energía se confunde con la historia de la humanidad.

En Cuba, una gran parte de la labor técnica, científica e intelectual de la nación se ocupa en realizar una revolución energética para asegurar la producción y reafirmar la independencia y seguridad nacional. Esta revolución se materializa en la práctica mediante profundas transformaciones estructurales, indispensables para el desarrollo y el crecimiento económico. Desafortunadamente, la producción, conversión y el uso final de la energía generan productos indeseables y emisiones, sobre los que es necesario actuar para reducir la carga medioambiental asociada a la acción del hombre para satisfacer sus necesidades energéticas.

Constituye una realidad preocupante que el ritmo de utilización de los combustibles fósiles es mayor que la velocidad de renovación de los mismos, y por tanto definitivamente se agotarán, de ahí que el actual modelo energético, basado fundamentalmente en la producción de energía a partir de combustibles fósiles, es insostenible.

La tendencia al encarecimiento de la energía, el agotamiento de los recursos naturales y el impacto ambiental, está presionando social y económicamente a la humanidad. También el costo y la carencia de alimentos están asociados a estos problemas energéticos.

Las vías fundamentales para transformar el esquema energético actual y avanzar hacia el desarrollo sostenible son la introducción de fuentes renovables de energía y el incremento de la eficiencia energética en todos los sectores.

La eficiencia constituye una herramienta rentable en la lucha por alcanzar un futuro energético sostenible y un medio ambiente más saludable. Las mejoras en la eficiencia energética pueden reducir la necesidad de inversión en infraestructura energética, los gastos de combustibles, aumentar la competitividad y mejorar el bienestar de los consumidores. [1].

Las unidades gastronómicas son indispensables para brindar servicio a la población y se caracterizan, en general, por su elevado y poco racional consumo energético [2]. Sin embargo, existe la posibilidad de reducir el consumo y los costos energéticos de las mismas, sin afectar el nivel ni la calidad de los servicios prestados, mediante una efectiva gestión energética en los principales procesos y equipos. [2].

Por esta razón, resulta necesario implementar programas de ahorro de energía en estas instalaciones dirigidos a la reducción de los costos energéticos, donde diversos estudios muestran la existencia de importantes potencialidades de ahorro a partir de la selección y explotación adecuada de los sistemas tecnológicos, especialmente en el caso de los sistemas de refrigeración encargados de la conservación de los alimentos. [3].

Es común en instalaciones de este tipo operar los sistemas de forma inadecuada, centrándose las principales causas en el desconocimiento de mecanismos de selección y régimen de explotación adecuados de las cámaras frías y su equipamiento [1] [3]. Estos elementos, combinados con las pobres prácticas de gestión energética encarecen innecesariamente el costo de los servicios gastronómicos.

La Empresa Municipal de Gastronomía de Cienfuegos dirige la actividad de 114 unidades gastronómicas, las que se pueden agrupar en 4 tipos fundamentales: cafeterías, restaurantes, centros recreativos y coppelias. En ella se utilizan diversos portadores energéticos (electricidad, diesel, GLP y gasolina) y el comportamiento del consumo de energía eléctrica en los tres últimos años

muestra una tendencia creciente, por lo que se hace imprescindible realizar estudios acerca de la eficiencia energética de estas instalaciones y determinar las oportunidades de ahorro de energía y su factibilidad técnico económico. Estudios previos han identificado al Coppelia Prado como una de las unidades con incidencia significativa en este apartado en la empresa.

## Problema de investigación

El consumo energético de la Empresa de Gastronomía de Cienfuegos manifiesta una tendencia creciente, fundamentalmente asociado al consumo de electricidad de los sistemas de refrigeración y suministro eléctrico en general, y por tanto resulta necesario el estudio de las oportunidades de ahorro de energía y su factibilidad técnico económico.

## Hipótesis

La aplicación de proyectos de mejoras relacionados con el diseño y explotación de los sistemas de refrigeración y suministro eléctrico en instalaciones de la red gastronómica de Cienfuegos, puede conducir a ahorros de energía significativos e incrementar la eficiencia energética en ese sector.

## Objetivo general

La valoración de proyectos de mejoras relacionados con el diseño y explotación de los sistemas de refrigeración y suministro eléctrico en instalaciones de la red gastronómica de Cienfuegos

## Objetivos específicos

1. Realizar la caracterización energética de la Empresa de Gastronomía de Cienfuegos.

2. Definir los principales proyectos de ahorro a implantar en sistemas de refrigeración y suministro eléctrico en instalaciones de la red gastronómica de Cienfuegos.
3. Valorar las potencialidades de ahorros que se esperan con la aplicación práctica de estos proyectos.

## Capítulo I. Estado del Arte.

### 1.1- Situación energética mundial.

El modelo energético del mundo contemporáneo está basado en la generación del 80 % aproximadamente de la energía a partir de combustibles fósiles, dentro de los cuales, el petróleo y sus derivados representan la mayor proporción. A pesar de los elevados precios actuales del petróleo y del evidente y grave deterioro ambiental que este modelo ocasiona, el consumo global de energía seguirá creciendo y descansando en el futuro inmediato sobre combustibles fósiles.

En la Figura 1.1 se observa, según algunos pronósticos [4] que el consumo global de energía podrá aumentar en el Año 2030 alrededor de un 57 % con respecto al año 2004.

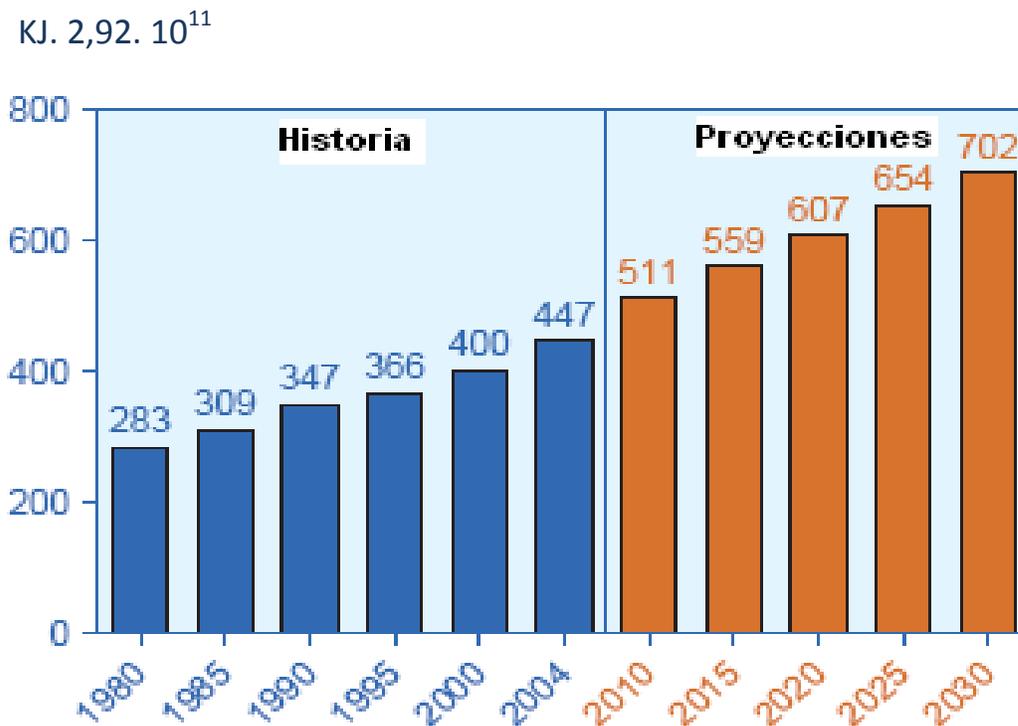


Figura 1.1. Consumo de energía a nivel mundial [4].

Tal como se muestra en la Figura 1.2 [4] los combustibles fósiles seguirán teniendo el peso fundamental en la producción de energía a mediano plazo.

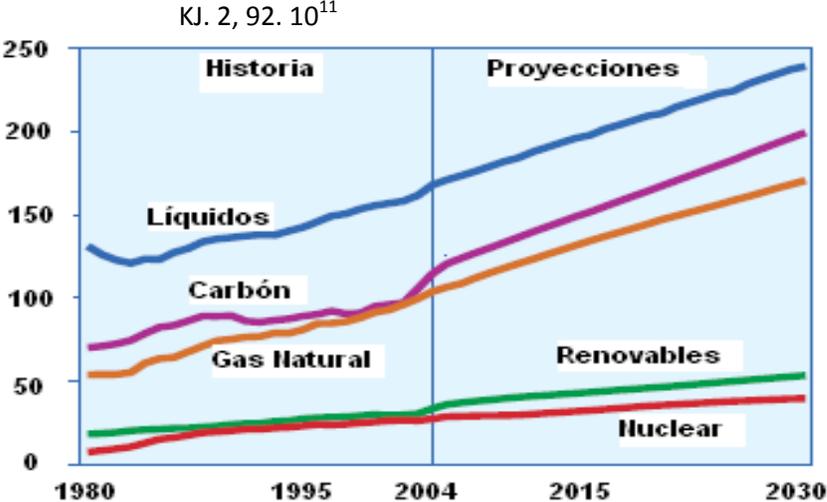


Figura 1.2. Producción de energía a nivel global por tipo de fuente [4].

Se pronostica que el incremento fundamental del consumo de energía se producirá en los países subdesarrollados, no pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD). Como se muestra en la Figura 1.3 [4] se proyecta que en estos países el consumo de energía crecerá casi al doble en el 2030 con relación al año 2004, lo cual está influenciado en alto grado por el incremento de la demanda en la India y China.

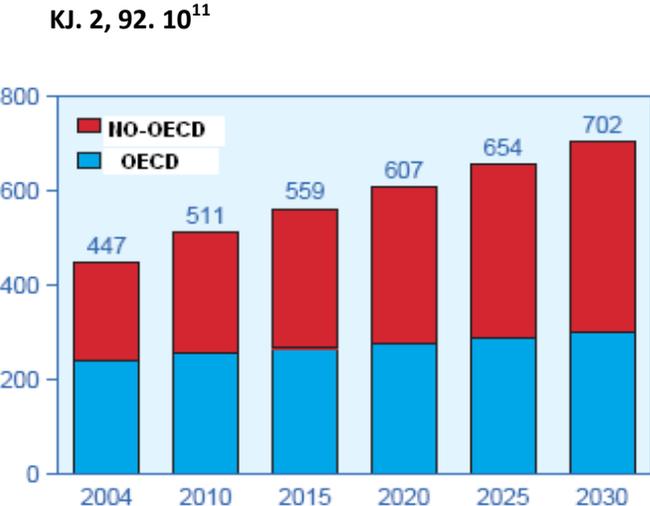


Figura 1.3. Consumo de energía por regiones [3]

Los años 2007 y 2008 fueron marcados por diversos acontecimientos relevantes que enrarecieron aún más el entorno económico mundial, como la devaluación del dólar norteamericano, la continuidad de los eventos bélicos y el alza sin precedentes de los precios del petróleo, factor determinante en la esfera energética mundial. En julio del 2008 el barril de crudo superó la cota de los 140 USD [6], quedando atrás para siempre el petróleo barato.

Debido a medidas tomadas por los principales gobiernos el precio del petróleo se redujo drásticamente a principios del 2009, pero la tendencia es hacia el aumento paulatino de los precios. La siguiente tabla 1.2 muestra el aumento de los precios del petróleo desde el año 2007 hasta noviembre del 2009 [7].

Tabla 1.2. Comportamiento del precio del petróleo entre el año 2007, y 2009

<b>AÑO 2008</b>	86.49	94.45	99.90	98.54
I TRIMESTRE	85.19	92.72	97.72	96.36
II TRIMESTRE	105.32	117.65	123.50	122.40
III TRIMESTRE	110.25	114.42	118.93	117.68
IV TRIMESTRE	45.40	53.25	59.70	57.97
OCTUBRE	63.49	70.63	78.21	75.11
NOVIEMBRE	41.00	50.27	57.95	55.34
DICIEMBRE	31.55	38.74	42.87	43.37
<b>AÑO 2009*</b>	54.95	58.72	59.72	60.49
I TRIMESTRE	38.60	42.78	43.07	45.78
ENERO	38.12	41.22	41.90	45.84
FEBRERO	39.61	41.29	39.07	43.92
MARZO	38.16	45.68	47.84	47.40
II TRIMESTRE	54.53	58.22	59.41	59.51
ABRIL	46.72	50.04	50.08	51.47

MAYO	54.06	56.34	58.61	57.97
JUNIO	62.84	68.35	69.56	69.14
II TRIMESTRE	64.04	67.76	68.31	69.04
JULIO	61.64	64.63	64.46	65.65
AGOSTO	66.09	71.26	71.13	73.15
SEPTIEMBRE*	64.39	67.39	69.38	68.29
OCTUBRE*	69.23	72.21	75.53	73.74
NOVIEMBRE*	72.76	76.34	78.69	77.19
02 AL 06	72.82	76.22	78.95	77.35
09 AL 13	72.70	76.45	78.43	77.02

El modelo energético del mundo actual es insostenible. La utilización de los combustibles fósiles; recursos que son limitados y no renovables, se encuentran concentrados en pocas regiones de la tierra, serán cada vez más escasos y caros, provocando inseguridad energética, razón de tensiones económicas y conflictos armados, están en manos de grandes consorcios y transnacionales, son utilizados de forma muy ineficiente.

Finalmente, se trata de un modelo totalmente insostenible por sus repercusiones medioambientales negativas de enormes proporciones, como es su contribución al TEWI (impacto total equivalente) al efecto invernadero y el deterioro del medio ambiente [7], ya hoy aceptados por la mayoría de la comunidad científica internacional, evidentes a escala planetaria y que ponen en riesgo la propia supervivencia de la especie humana.

Frente a esta situación se requiere un nuevo modelo de desarrollo energético, basado en dos pilares principales:

Sustitución de fuentes de energía, en particular por fuentes renovables, tales como energía solar, energía eólica, energía geotérmica, hidroenergía, biomasa, energía de los océanos, etc.

Elevación de la eficiencia energética, fomentando una cultura de uso racional de la energía, eliminando esquemas de consumo irracionales, implementando sistemas de gestión energética efectivos, utilizando equipos de alta eficiencia, reduciendo la intensidad energética en los procesos industriales, aprovechando las fuentes secundarias de bajo potencial, utilizando sistemas de cogeneración y trigeneración, y empleando, en general, la energía con eficacia y de acuerdo a su calidad

### 1.2- Eficiencia energética en Cuba.

En el período 80-89 en Cuba se decía que existía un adecuado balance oferta - demanda de portadores energéticos, en esta etapa crecía el consumo de energía a una tasa promedio anual de un 4 %. Quizás no se había tomado conciencia exacta del consumo energético nacional.

En el período 90-93, con el derrumbe del campo socialista, el incremento del bloqueo y la crisis económica que comenzó a sufrir el país, la disponibilidad de generación eléctrica decreció desde el 78 % hasta el 53 % y la de combustibles, en prácticamente 2 años, se redujo a menos del 50 %. El consumo promedio de energía eléctrica en este período en el país decreció en más de un 6 % anual [8].

Entre 1994 y 1997 la intensidad energética muestra una tendencia creciente, asociada a la recuperación gradual de los niveles de actividad, con un incremento del consumo de energía por encima del crecimiento del producto interno bruto. Sin embargo, a partir de 1998-1999 la intensidad energética comienza a decrecer producto de una serie de acciones y programas desarrollados para disminuir el consumo energético [9]. [10].

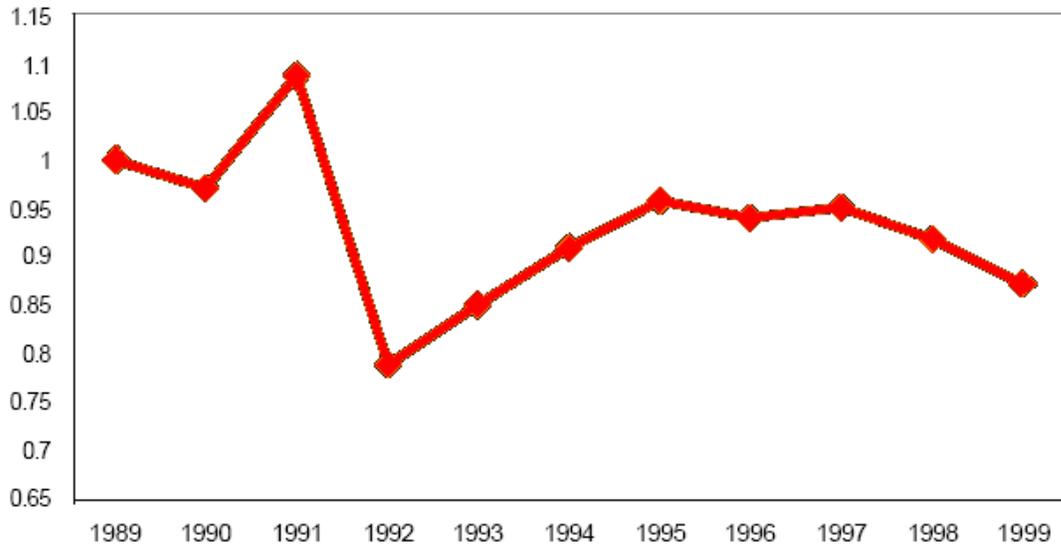


Figura 1.4. Dinámica de la intensidad energética en Cuba (año 1989 = 1.0)

Particular importancia en el comportamiento de la eficiencia energética en Cuba tiene la “Revolución Energética”, iniciada a finales del año 2005 y desarrollada con toda fuerza a partir del 2006. Esta transformación ha conllevado la puesta en práctica de nuevos conceptos para el desarrollo de un sistema electro energético nacional más eficiente y seguro, y un uso racional y eficiente de la energía en todos los sectores de la sociedad cubana, haciendo del ahorro de energía el sustento fundamental del desarrollo del país [8], [11].

El ahorro total alcanzado con los programas de la Revolución Energética entre el 2006 y el 2007 asciende a 2 795 GWh, equivalente a 961 419 toneladas de combustible convencional [8], [11]. La estructura de los ahorros en los diferentes programas se muestra en la Figura 1.5.

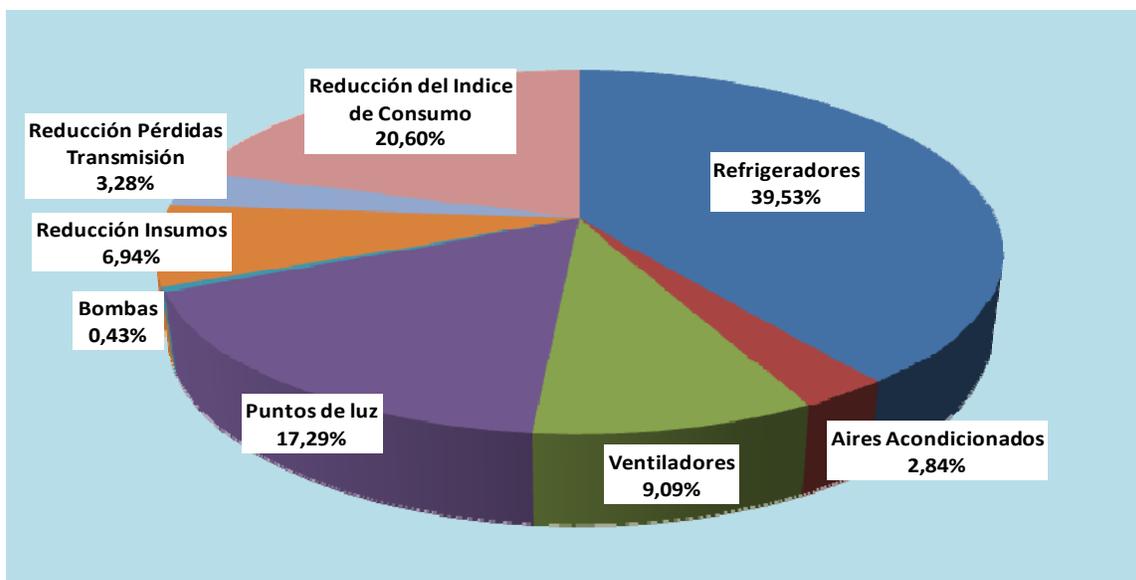


Figura 1.5. Estructura de los ahorros alcanzados en los programas de la Revolución Energética en Cuba [1].

A raíz de los embates de la crisis económica mundial Cuba ha trazado estrategias para reducir el consumo de energía, siempre con la óptica de que no se debe gastar más petróleo del que se puede comprar [12] Las tareas de la revolución energética se continúan efectuando de acuerdo a lo establecido.

Por parte del personal especializado, y las universidades se llevan a cabo programas alternativos para la gestión eficiente de la energía, y que se extiende a toda la isla, como es el caso de la TGTEE [2] y otras medidas que contribuyen al ahorro energético en principales sectores altos consumidores de energía a nivel nacional como son por ejemplo el sector turístico, el sector industrial y el sector de la industria Alimenticia y dentro de ella la especializada en la rama de la gastronomía y los servicios a la población.

En el 2010 la revolución energética en Cuba abarca cinco proyectos fundamentales encaminados a mejorar la situación energética del país [13].

- La eficiencia energética en la producción, transmisión, distribución almacenamiento y consumo final de la electricidad.

- El reordenamiento de la transportación. Maximización del transporte por el ferrocarril y sustitución del uso de gasolina por diesel. Actualmente se incentivan las instituciones para sustituir los vehículos ineficientes.
- Uso de recursos propios para satisfacer la demanda. Incremento de la producción petrolera, pasando de 500.000 toneladas, en el año 91, a 3'000.000 de toneladas en la actualidad.
- Sustitución de electrodomésticos ineficientes, principalmente refrigeradores que tengan el mismo volumen y que ofrezcan iguales prestaciones a las familias.
- Desarrollo de energías renovables que tiene la Isla. Es decir, hidroelectricidad, energía eólica, solar, y principalmente la biomasa cañera.

### 1.3- El sector de los Servicios Gastronómicos y el consumo energético.

Estudios publicados en la Revista Bohemia de análisis general en Ciudad de la Habana muestran que los centros de comercio y la gastronomía en el territorio derrochan alrededor del 17 % de la energía utilizada en sus instalaciones, fundamentalmente debido a malos hábitos de consumos y pobres programas de mantenimiento de los equipos. [28]

“La industria eléctrica cubana generó el pasado año más de 17 mil 900 (Gigawatts / hora), según datos de la Oficina Nacional de Estadística (ONE). Más de la mitad se consumió en establecimientos del Estado, cifra que implicó un crecimiento del 3,4 por ciento, en relación con 2007” [28]

“Aún se está lejos de poder eliminar todos los equipos ineficientes en la industria o el comercio. Hablamos de grandes sistemas de clima o de refrigeración, motores, tuberías, hornos, y de otros tipos de cargas que no permiten proyectos masivos, sino estudios puntuales. A partir de este concepto, la jugada se vira hacia los establecimientos donde, independiente del deterioro, se comprueba poca

disciplina tecnológica, problemas organizativos y de control en el uso racional de la energía eléctrica” [28].

Dentro del sector de los servicios los establecimientos gastronómicos representan una parte fundamental del consumo energético debido al número inmenso de unidades, su dispersión geográfica, variedad de equipamiento, funciones y horarios de trabajo y condiciones tecnológicas. Por ejemplo, en un levantamiento de equipamiento tecnológico realizado por los especialistas de la Empresa Gastronómica del municipio Cienfuegos , y en correspondencia a la cantidad de horas de trabajo de los distintos equipos, se pudo constatar que el portador energético más representativo en el consumo energético de la empresa es la electricidad y su consumo está distribuido en: refrigeración comercial con el 37,6 %, seguido de los equipos de cocina eléctricos y hornos eléctricos con un 33,9 %, la climatización con el 23,1 %; sistemas de bombeo con un 3,6 % , la iluminación en un 0,6 % y la ventilación el 1,2 %.

Es de notar en el caso de la refrigeración comercial, que un elevado número de unidades de equipos de refrigeración trabajan aproximadamente 8776 horas al año, teniendo en cuenta el tiempo promedio (10%) de parada de los equipos según la acción de su termostato.

La influencia de factores climatológicos, la falta de mantenimiento por parte de personal especializado, acompañado del sobredimensionamiento de muchos equipos de refrigeración y climatización, las malas condiciones técnicas requeridas, sumándose a lo anterior la falta de norma de explotación, no garantizan los estándares de eficiencia que a nivel mundial se establecen a través de las normas como son: ANSI/ASHRAE 79-1984 (RA-91): “Room Fan-coil”., ANSI/ASHRAE 16-1983 (RA- 88), ASHRAE 127-1988: “Computer and Data Processing Room Unitary Air-Conditioners”; sin dejar de tener presentes las normas ANSI-ASHRAE 55, 62.1 y 90-1 por las cuales se establecen pautas para el diseño, normalización y uso eficiente de equipos y aparatos eléctricos de

muchos países, como es el marco legal y normativo del uso racional de energía en Colombia. [14]

Una importante deficiencia que presenta el equipamiento tecnológico de refrigeración de la red gastronómica es el hecho de ser explotado generalmente de una forma irracional, con una mala selección de la temperatura interior y las necesidades para los diferentes productos. [15].

#### 1.4- Eficiencia energética de los sistemas de refrigeración

La refrigeración es la ciencia de lograr un flujo del calor desde un punto de baja a otro a alta temperatura. Un sistema de refrigeración extrae calor de la sustancia que es refrigerada (depósito frío) y lo rechaza al ambiente, a una temperatura más alta (depósito caliente) según se indica en la figura 1. 6.

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

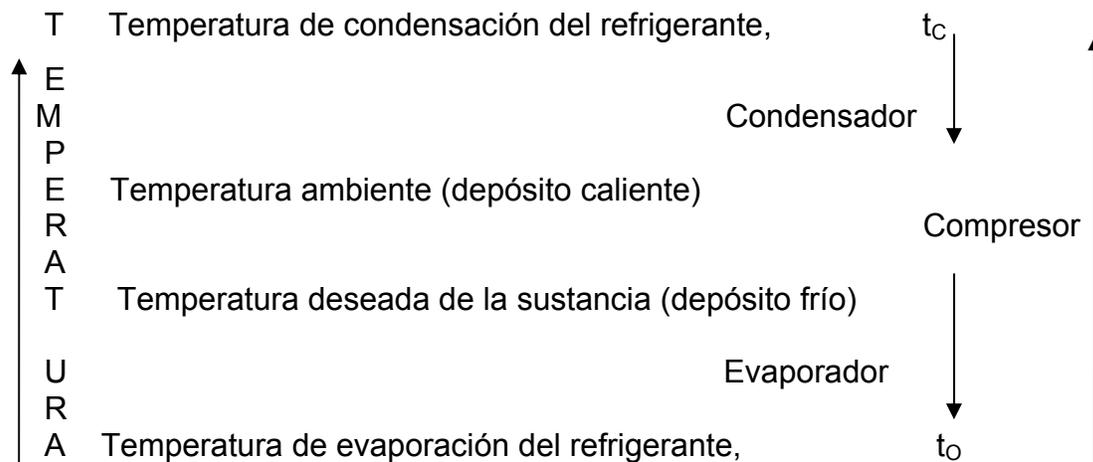


Figura 1.6. Diagramas de temperaturas y Flujo de Calor para Sistemas de Refrigeración.

El rendimiento energético de un sistema de refrigeración se expresa generalmente como un coeficiente de funcionamiento (COP) que es el cociente de la tarifa de extracción del calor al índice del uso de la energía.

También puede ser expresado en términos del Energy Efficiency Ratio (EER), que es la cantidad de calor removido del espacio en cuestión en BTU por cada Watt-hr de electricidad consumida. Si  $1KW-h$  equivale a  $3\ 412\ BTU$ , entonces  $1\ W-h$  son  $3.412\ BTU$ . La relación entre EER y COP es  $EER = 3.412\ COP$

El EER o el COP de un refrigerador disminuyen a medida que disminuye también la temperatura de refrigeración, por lo tanto, no es económicamente viable refrigerar a una temperatura menor que la temperatura deseada. Para cualquier tipo de sistema de refrigeración que se esté utilizando, es fundamental reducir al mínimo las ganancias de calor y mantener la diferencia entre  $T_c$  (temperatura de condensación) y  $T_o$  (temperatura de evaporación) tan pequeña como sea posible. La reducción al mínimo de las ganancias de calor se logra aislando el cuarto

refrigerado y las partes de baja temperatura del sistema de refrigeración, reduciendo al mínimo la infiltración del aire ambiente (ej. hermeticidad y aperturas de la puerta) y la reducción del consumo de energía en las aplicaciones de la refrigeración (ejemplo los ventiladores). A esta reducción de  $(T_C - T_0)$  contribuye también el adecuado funcionamiento de los intercambiadores de calor (condensador y evaporador) y la reducción al mínimo de las caídas de presión del refrigerante en las tuberías de succión y descarga.

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

##### Refrigerante

Muy pocas sustancias tienen características apropiadas para un refrigerante y, de éstos, poco han pasado la prueba del tiempo y continúan siendo utilizados como refrigerantes.

No hay ningún refrigerante ideal. La selección de un refrigerante es un compromiso entre muchos factores incluyendo la facilidad de la fabricación, costo, toxicidad, inflamabilidad, consecuencias para el medio ambiente, el impacto corrosivo y las características termodinámicas así como rendimiento energético. Una característica dominante es la relación de Presión/ Temperatura. En general, el rendimiento energético es deseable por el punto crítico del refrigerante (la temperatura sobre el cual no puede condensar).

Las buenas características del transporte y del traspaso térmico son también importantes para el rendimiento energético pues reducen costos porque permiten que el trabajo de compresión no sea prolongado y el sobrecalentamiento del refrigerante en los evaporadores y el subenfriamiento en los condensadores sea el óptimo. En general, los refrigerantes de peso molecular y viscosidad baja tendrán las mejores características.

En las aplicaciones de refrigeración comercial predomina en la actualidad el grupo HCFC y sus mezclas refrigerantes como sustituto de los CFC, considerada como solución de transición pues contienen dentro de su composición la molécula de cloro, contribuyen al efecto invernadero y destrucción de la capa de ozono. Se establece la primera regulación a partir del año 2016 y su eliminación total para el año 2040. Los más representativos son el R-22, R-123, R-141b, R-401A y otros.

El grupo de los HFC consideradas soluciones a largo plazo, tienen un potencial nulo de destrucción de la capa de ozono, resultan alternativas para las nuevas y existentes instalaciones de refrigeración. Una mezcla como el R-404A posee un comportamiento casi azeotrópico y se usa en la reconversión de sistemas como medida de protección del medio ambiente a nivel mundial.

El Parlamento Europeo sostiene actualmente una contención en el uso de los dos grupos anteriores y se inclina por la utilización del grupo de los HC, el mismo no daña la capa de ozono y su contribución al efecto invernadero es despreciable. En Cuba se emplean en viejos y nuevos refrigeradores, freezer comerciales, heladeras, cajas de agua y pequeñas cámaras refrigeradas. Las más representativas son R- 290, R- 600 a y R- 600.

### Compresores

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

## Condensador

Para mantener la temperatura de retorno tan baja como sea posible, la transferencia del calor en el condensador debe ser maximizada y la temperatura media de enfriamiento minimizada. Los condensadores evaporativos son a menudo los más eficientes porque rechazan el calor a la temperatura de bulbo húmedo del aire ambiente. Por ejemplo, el aire húmedo a 25°C y humedad relativa del 60% tiene una temperatura de bulbo húmedo de 16°C. Sin embargo, requieren mantenimiento cuidadoso y evitar la contaminación por Legionella. Los condensadores refrigerados por agua combinados con las torres de enfriamiento, también aprovechan la temperatura ambiente de bulbo húmedo, pero hay un incremento adicional de la temperatura para conducir el calor del refrigerante al agua, así que la temperatura de rechazo del calor del refrigerante, es generalmente más alta. El uso del agua puede ser excesivo si no se utiliza torre de enfriamiento. Los condensadores enfriados por aire son generalmente el método menos eficiente pues, rechazan calor a la temperatura de bulbo seco del aire, que es generalmente perceptiblemente más alta que temperatura del bulbo húmedo o del agua. Sin embargo, por los sistemas pequeños se utilizan, porque son baratos, simple y requieren comúnmente poco mantenimiento.

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

## Dispositivos de expansión

Muchos dispositivos de expansión requieren una diferencia significativa de la presión que le permita una operación adecuada. Por tanto, la presión de condensación se mantiene a altos niveles de forma artificial, aún a baja

temperatura ambiente. Todo esto se debe a la válvula de expansión termostática convencional, la cual a menudo se selecciona entre otros dispositivos de expansión por su muy bajo costo. Una solución es utilizar válvulas de expansión controladas electrónicamente.

### Evaporadores

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

Los refrigeradores que funcionan a temperaturas bajo cero se deben descongelar regularmente para restaurar su funcionamiento. El sistema primario de descongelación por resistencia eléctrica se emplea en muchos sistemas por su simplicidad. La descongelación por agua, gas caliente y por la circulación de un líquido caliente a través del evaporador, son todas potencialmente más eficientes. Sin embargo, con cualquier sistema, lo más importante es optimizar la frecuencia y la duración del desescarche para evitar una innecesaria descongelación.

### La interconexión.

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

### La importancia de los controles.

Los componentes bien diseñados no funcionarán eficientemente a menos que se controlen correctamente. El rendimiento energético no ha sido siempre la primera

consideración al seleccionar controles eficaces. Si es posible, las opciones siguientes del control se deben evitar para maximizar el rendimiento energético:

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

#### 1.4.2- Oportunidades de ahorro de energía en aire acondicionado y refrigeración.

Para el diseño de equipos de refrigeración y aire acondicionado se debe de tener en cuenta que una alta EER de los equipos no es garantía de un alto desempeño del sistema. [16]

Un uso racional de la energía de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado se obtiene:

- Seleccionando o diseñando la unidad apropiada (cálculo adecuado de cargas térmicas)
- Minimizando las infiltraciones de aire externo.
- Empleando equipos de aire acondicionado con alta eficiencia: alto COP o REE.
- Seleccionando ventiladores, compresores y motores eléctricos de alta eficiencia.
- Usando velocidad variable en ventiladores, moto compresores, manejadoras de aire, unidades condensadoras, donde con la presión de descarga se controla la velocidad de los ventiladores del condensador.
- Aplicando un programa de mantenimiento apropiado (preventivo y predictivo).
- Empleando el control automático (PID) con programación de eventos.
- Empleando sistemas de recuperación de calor. [14]

### 1.5 - Conclusiones Parciales.

1. El modelo energético del mundo actual es insostenible por la utilización intensiva de combustibles fósiles limitados y no renovables, utilizados de forma muy ineficiente y con repercusiones medioambientales negativas que ponen en riesgo la propia supervivencia de la especie humana.
2. Se requiere un nuevo modelo de desarrollo energético, basado en dos pilares principales: la sustitución de fuentes de energía fósiles por fuentes renovables y la elevación de la eficiencia energética.
3. La “Revolución Energética”, iniciada a finales el año 2005 y desarrollada con toda fuerza a partir del 2006, ha tenido particular importancia en el comportamiento de la eficiencia energética en Cuba. Esta transformación ha conllevado la puesta en práctica de nuevos conceptos para el desarrollo de un sistema electro energético nacional más eficiente y seguro y un uso racional y eficiente de la energía en todos los sectores de la sociedad cubana, haciendo del ahorro de energía el sustento fundamental del desarrollo del país.
4. Dentro del sector de los servicios, los establecimientos gastronómicos representan una parte fundamental del consumo energético debido al número extenso de unidades, su dispersión geográfica, variedad de equipamiento, funciones y horarios de trabajo y condiciones tecnológicas. Dentro de ello los sistemas de refrigeración están catalogados como grandes consumidores de energía.
5. Las condiciones técnicas y de explotación de los equipos de refrigeración de la gastronomía destinados a la congelación y conservación de alimentos inciden de manera determinante en el consumo de electricidad y requieren estudios de políticas energéticas y medidas de ahorro.

## Capitulo II: Caracterización Energética de la Empresa Municipal de Gastronomía Cienfuegos.

### 2.1- Caracterización de la Empresa Municipal de Gastronomía Cienfuegos.

La empresa municipal de Gastronomía se encuentra ubicada en calle: 41 e/ 58 y 60 N° 5811, fue creada mediante la Resolución No. 44/99 de fecha 26 de junio de 1999 dictada por el Presidente de la Asamblea Provincial del Poder Popular de Cienfuegos. Esta empresa surgió de la fusión de tres empresas: Empresa Municipal de Recreación; Empresa Municipal de Restaurantes y Alojamientos; y la Empresa Municipal de Gastronomía, la que atendía las actividades gastronómicas y su objeto social estaba diseñado para cumplir con la prestación única de servicios gastronómicos.

#### 2.1.1- Objeto Social de la Empresa:

La Empresa está diseñada según Resolución 1857/05 del Ministerio de Economía y Planificación, para cumplir con el siguiente objetivo empresarial.

- Brindar servicios gastronómicos a la población en moneda nacional, operar centros de elaboración de producción alimentaria con destino a la red gastronómica en moneda nacional.
- Brindar servicios gastronómicos en la red de Gastronomía en Moneda Nacional y en Divisa a trabajadores de organismos y a instituciones.
- Brindar servicios de alojamiento, restaurante, cafetería, centros nocturnos, a la población y a organismos en Moneda Nacional.
- Alquilar Locales en Moneda Nacional.
- Brindar servicios de parqueo en Moneda Nacional.
- Ofrecer Servicios gastronómicos a la población y a domicilio en Moneda nacional.

- Alquilar Equipos y Medios disponibles de la Empresa a Organismos y entidades en Moneda Nacional.
- Prestar servicios gastronómicos en Moneda Nacional en Terminales y a bordo de Ferrocarriles y otros medios de transportes con relaciona a la atención al viajero.
- Brindar Servicio de transportación al sistema y al organismo en Moneda Nacional.
- Operar granjas de autoconsumo para su abastecimiento.
- Brindar servicios de Comedor Obrero y cafetería a los trabajadores en Moneda Nacional.

#### 2.1.2- Objetivo Estratégico de la Empresa.

Mejorar los resultados existentes y alcanzar a acercarse a las óptimas, para la cual se propone agrupar las unidades y \ o centros gastronómicos en zonas, las cuales se han diseñado homologadas a los Consejos Populares y con una estructura de dirección administrativa y un Centro de Gestión Contable. Esta plataforma de dirección regirá la vida técnica – económica de las Unidades Gastronómicas, que aglutinadas en ella, serán mas fuertes en su Integración de trabajo.

#### 2.1.3. Objetivo Especifico:

Cumplir en tiempo, forma y con la calidad requerida con todos los servicios Gastronómicos correspondientes a cada zona y con todos los controles e Informaciones Económicas establecidas, fortaleciendo así la aplicación en la práctica de los siguientes Cuerpos Legal:

Norma Ramal No.15\ 99 del MINCIN

Resoluciones Nos.297\ 03,294\ 05y 235\ 05 del MEP Y MFP

Resolución No.13\ 06 del MAC

Otros Cuerpos Legales Instituidos en el País.

#### 2.1.4- Organigrama estructural de la Empresa de Gastronomía de Cienfuegos.

En el anexo 1 se muestra la estructura de la Empresa Gastronómica de Cienfuegos, en él se muestra que existe un débil sistema de gestión energética como subsistema de la gestión empresarial que abarque , en particular, las actividades de administración y aseguramiento de la función gerencial que le confieren a la entidad la aptitud para satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas. Además de no contar con una estructura organizacional que garantice el nivel de responsabilidad y el nivel jerárquico del personal que atiende la actividad energética,

#### 2.1.5- Composición por tipo de unidades de la Empresa Gastronómica.

La Empresa cuenta actualmente con 1790 trabajadores y con 114 unidades. La tabla N°: 1,3 muestra la descripción y distribución por unidades de servicio.

Tabla #: 1.3 Descripción y Distribución por unidades de servicio.

Descripción	Cantidad de Unidades
* Restaurantes:	4
* Cafetería bar	41
* Mercadito	24
* Círculos sociales	2
* Centro Recreativo	16
* Moteles	2
* Villas	4
* Unidades de Apoyo	9
* Pizzeria	3
* Coppelias	2
* Almacenes	2
* UBA	1
* Dirección Administrativa.	1
* Unidad de Sonido	1
* Bebidas y Refrescos	1
* Dirección Empresa	1

## 2.2.- Caracterización Energética de la Empresa.

2.2.1- Características técnicas y energéticas de los equipos de uso de la energía en la red gastronómica de Cienfuegos.

En este sector los equipos utilizados en los distintos tipos de unidades que brindan los servicios tienen muchos años de explotación, y en su mayoría no se ajustan a las normas de consumo mundiales en equipos similares de nueva tecnología de alta eficiencia [28]. El 60 % del equipamiento proviene de la desaparecida Unión Soviética, seguido de un 30 % de equipos fabricados artesanalmente y el restante 5% de otros países , sin tener en cuenta estándares de consumo para la aplicación que se requiere.

Como resultado de un diagnóstico preliminar realizado a la empresa se detectaron varios problemas que afectan la eficiencia energética. Dentro de las principales insuficiencias en la empresa se destacan:

- Hornos de restaurantes, pizzerías, cafeterías y centros recreativos sin hermeticidad de sus puertas, ni controles de temperatura.
- Defectuoso aislamiento térmico que provoca excesivas pérdidas de calor por paredes, pisos y techos, además de provocar una carga adicional a los sistemas de ventilación y climatización de esos lugares.
- Utilización de freidoras, y hornos con resistencias criollas de alto consumo, y baja eficiencia energética.
- Utilización inadecuada de motores eléctricos en diferentes equipos y accesorios como son las bombas de circulación de bebidas en dispensadores de refrescos y jugos.
- Utilización de máquinas de refrigeración reparadas y sobredimensionadas en muchos casos.
- Freezer criollos que no reúnen las condiciones técnicas requeridas.
- Cámaras refrigeradas con deficiente aislamiento térmico, y grandes infiltraciones de aire.

De forma general, es una realidad que todos estos equipos presentan muy baja eficiencia energética. Solo un 5% de ellos son de tecnología más avanzada, aún no de última generación. [28].

A todo lo anterior se suma; luces encendidas innecesariamente, incluido el alumbrado exterior durante el día; derroche de agua y falta de válvulas que controlen su empleo para la producción; trabajo de hornos, cámaras de refrigeración, y uso del bombeo en horarios de alta demanda eléctrica.

#### 2.2.2- Estructura de Gastos de la Empresa de Gastronomía de Cienfuegos.

En conjunto, los gastos de portadores energéticos en la Empresa de Gastronomía representan solo el 3,9 %. De ellos corresponde un 2,1 % a los combustibles y lubricantes y un 1,8 % a la energía eléctrica. En el caso de la energía eléctrica a la

empresa le representa un gasto anual de \$ 196 853MN. En la tabla 1.4 y gráfico correspondiente, Figura 1.7 se muestra la estructura de gastos de la empresa.

Tabla N° 1.4: Estructura de Gastos.

Estructura General de Gastos		
	Gasto anual	%
Energía Eléctrica (MP)	196,853	1,8
Combustibles (MP)	230,731	2,1
Otros Gastos (MP)	10365,795	96,0
TOTAL	10793,379	100,0

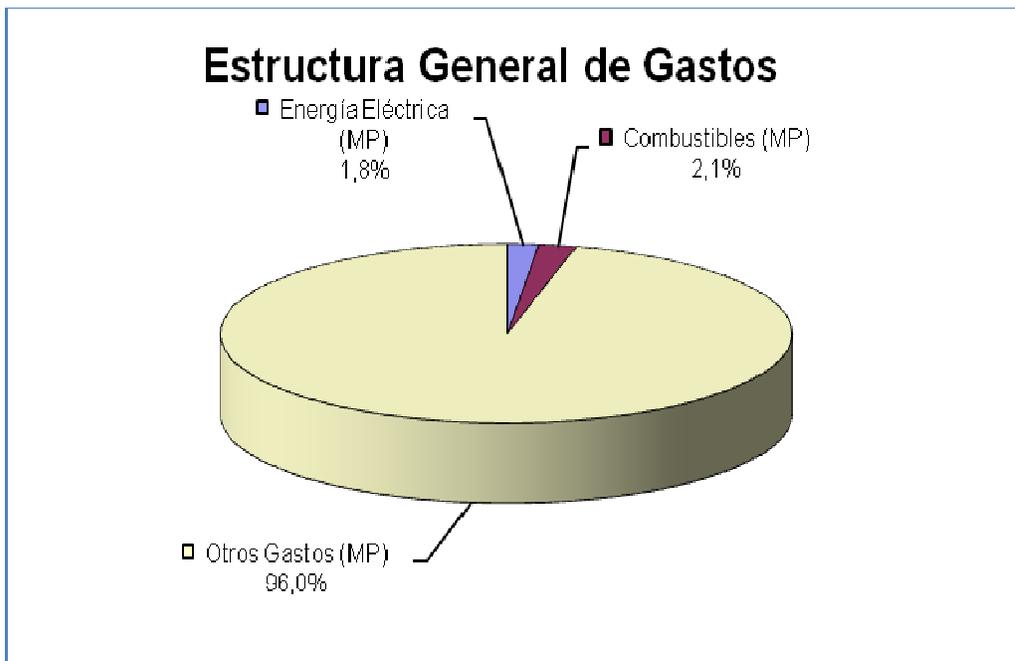


Figura 1.7. Estructura general de los gastos de consumo.

### 2.2.3 - Estructura de Consumo de Portadores Energéticos.

En la estructura de consumo de portadores energéticos que se muestran en la Tabla 1.5 y figura 1.8, se puede apreciar que la energía eléctrica es el portador energético fundamental con el 72,6 % seguido del Diesel con el 14,6 % que se utiliza en lo fundamental en los medios de transporte.

Es por ello que la atención fundamental en esta empresa debe centrarse en el potencial de ahorro de energía eléctrica.

Tabla N° 1.5: Estructura de consumo de portador energético.

Portador	UM	Consumo	Consumo (TCC)	%	% Acumulado
Electricidad	MWh	1427,59	458,7	72,6	72,6
Diesel	ML	102,60	91,7	14,5	87,2
GLP*	kg	38878,00	73,4	11,6	98,8
Gasolina regular	ML	9,55	7,7	1,2	100,0
Grasas lubricantes	kg	0,35	0,0	0,0	100,0
TOTAL			631,5	100,0	

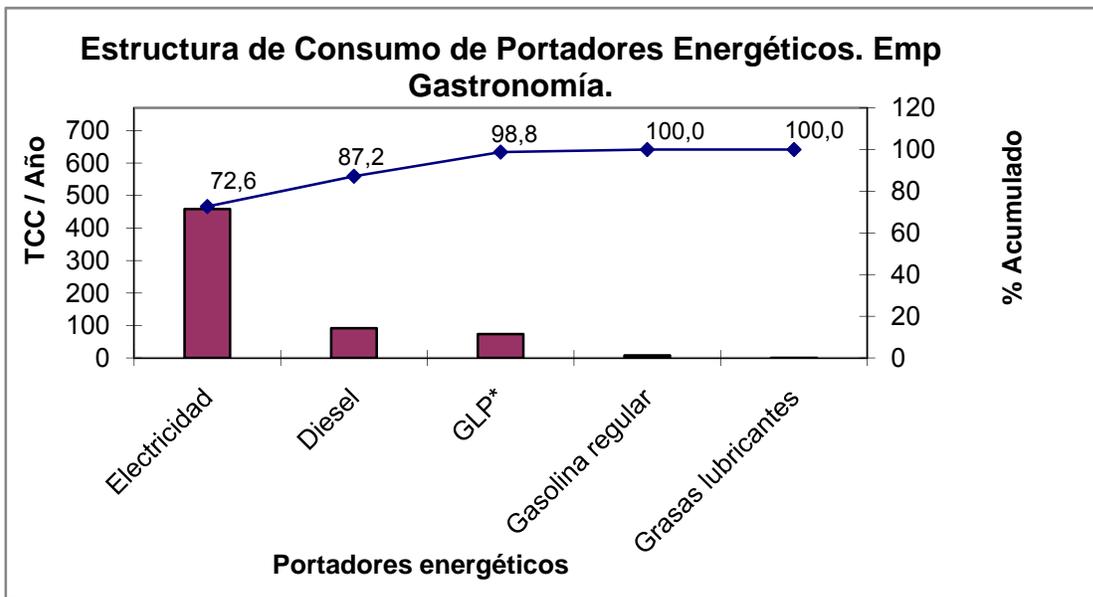


Figura 1.8: Estructura de consumos por portadores energéticos.

2.2.4 - Comportamiento histórico del consumo de energía eléctrica de la red gastronómica.

El comportamiento del consumo de energía eléctrica de la Empresa de Gastronomía Cienfuegos en los tres últimos años muestra una tendencia creciente con valores alarmantes, ver Figura 1.9, por lo cual se hace imprescindible determinar índices de consumo adecuados que permitan determinar si estos consumos están en correspondencia con el nivel de ventas en unidades físicas.

En las Figura 1.10, Figura 1.11, Figura 1.12 y Figura 1.13, se muestran los comportamientos en igual período por tipo de unidades para determinar dónde se produce los mayores incrementos y poder atacar sus causas.

Se puede apreciar que los incrementos fundamentales se han producido en las cafeterías y centros recreativos. Esto se debe a dos causas fundamentales que son, el aumento de las ofertas gastronómicas a la población, unido a la utilización de equipamiento muy obsoleto, de muy baja eficiencia energética, en muy malas condiciones técnicas, y poco o nulo servicio de mantenimiento. En el caso de los dos Coppelias y los restaurantes ha habido incrementos de consumo pero con un nivel de crecimiento moderado.

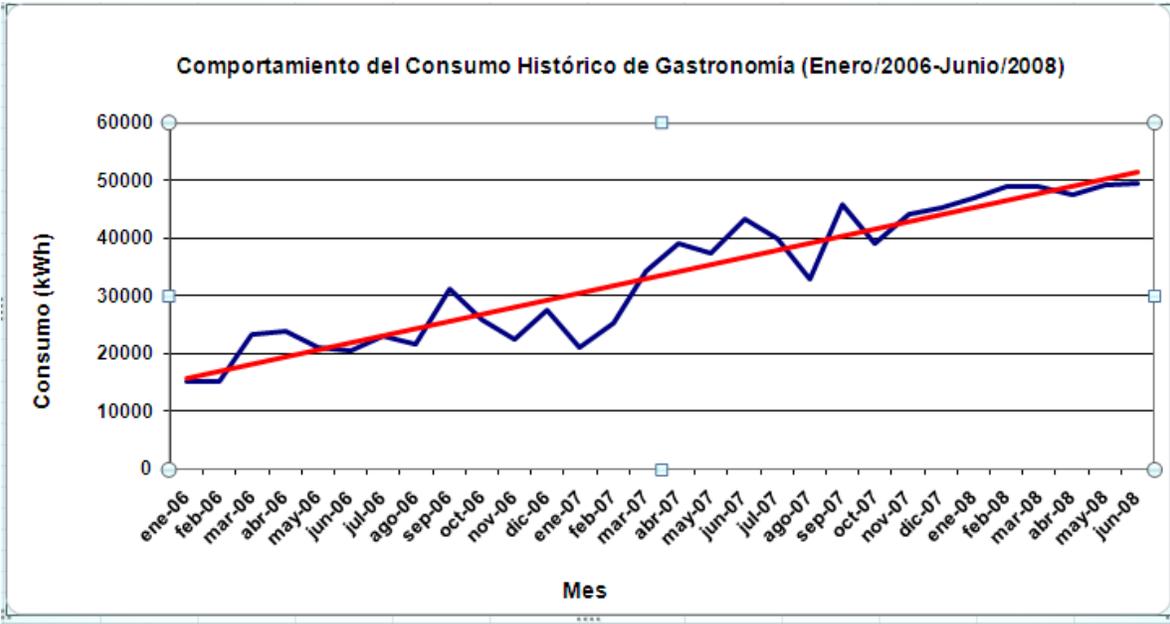


Figura 1.9: Comportamiento del consumo de energía Histórico de Gastronomía.

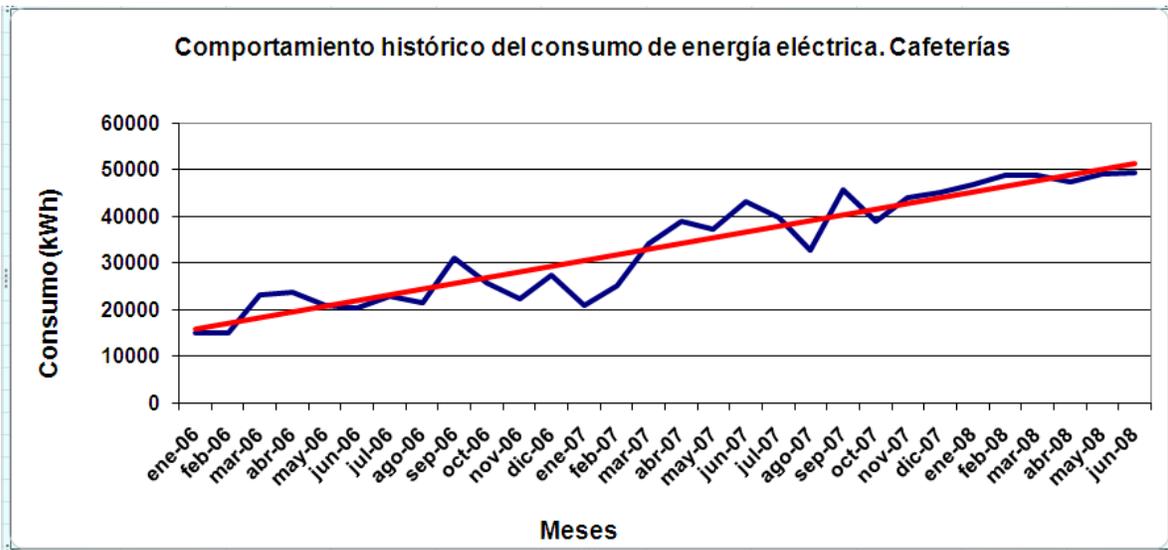


Figura 1.10: Comportamiento del consumo de energía Histórico de Cafeterías.

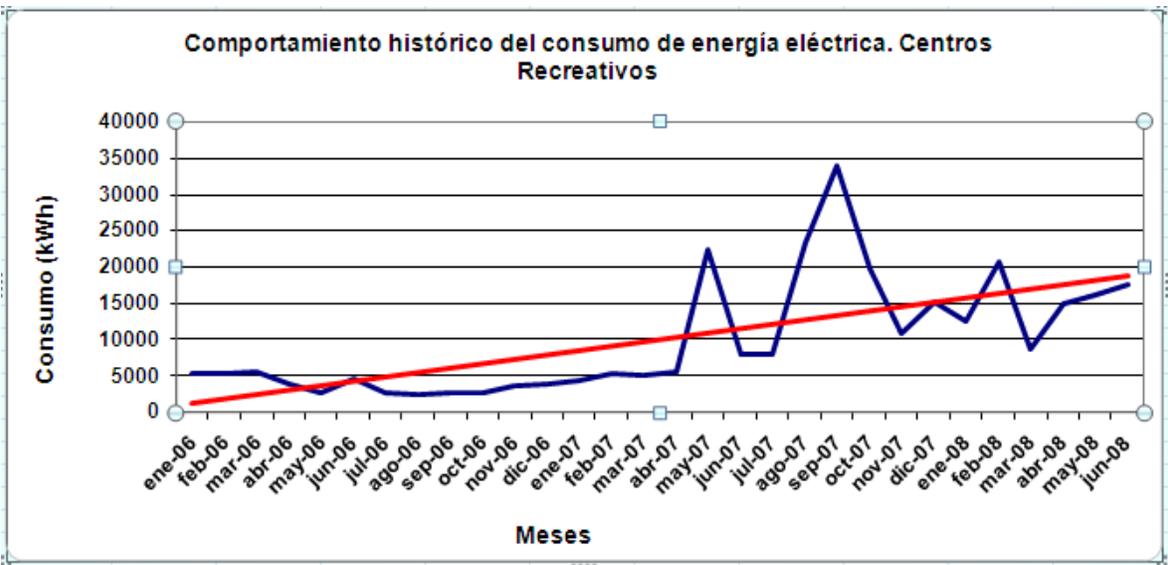


Figura 1.11: Comportamiento Histórico del consumo de energía eléctrica de Centros Recreativos.

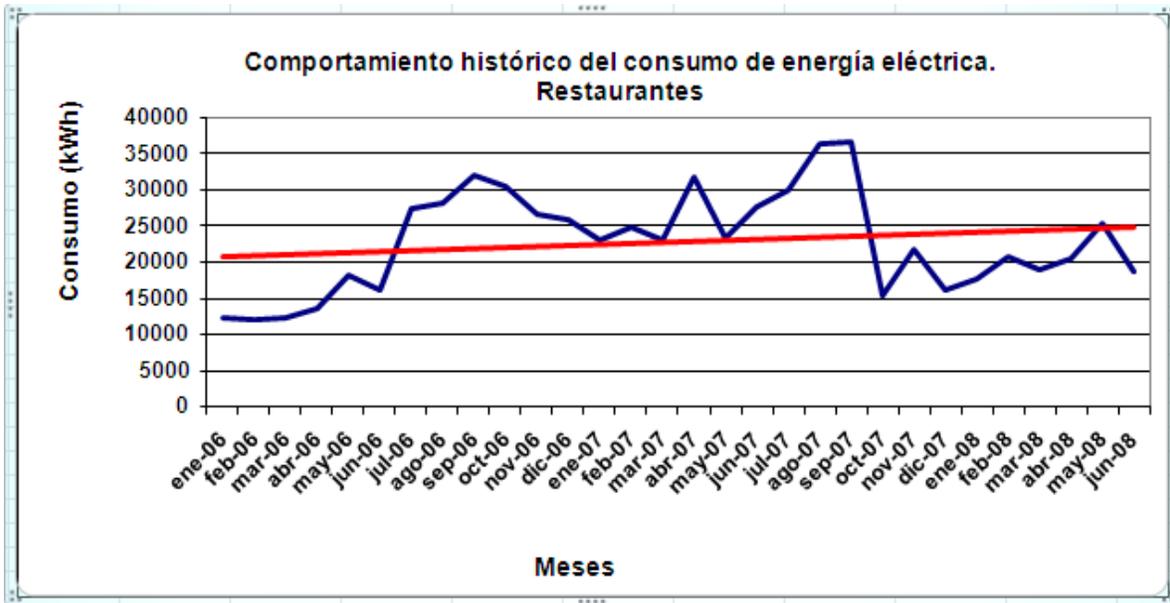


Figura 1.12: Comportamiento Histórico del consumo de energía de Restaurantes.

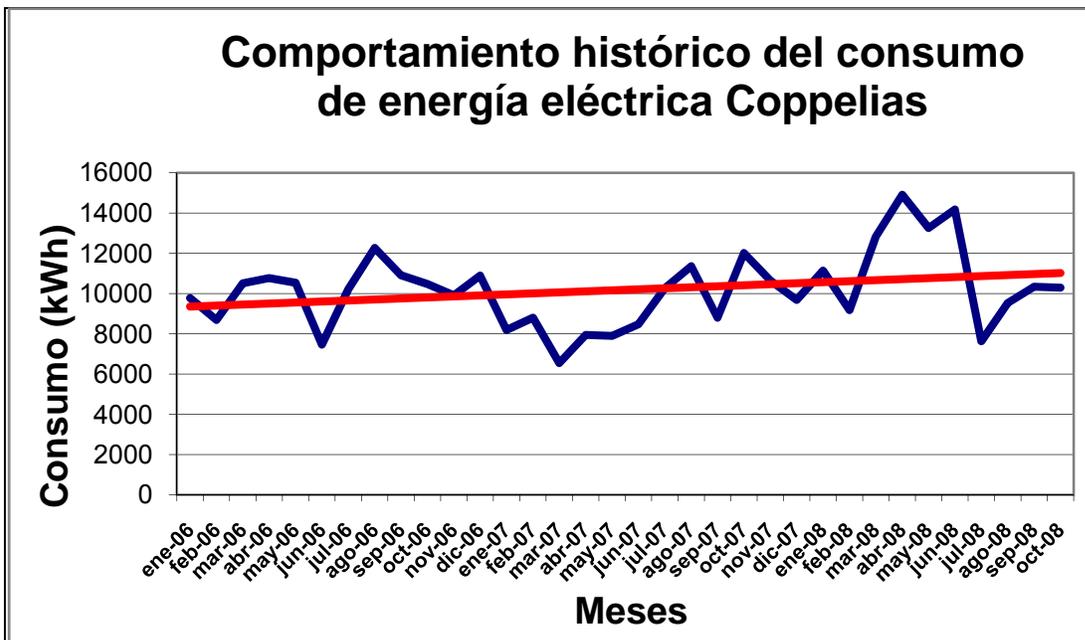


Figura 1.13: Comportamiento Histórico del consumo de energía de Coppelias.

#### 2.2.5- Estratificación del consumo de energía eléctrica por tipo de unidades.

Al estratificar el consumo por tipo de unidades se puede observar que el mayor consumo se produce en la suma de: las 41 cafeterías y a continuación, los 4 restaurantes, 16 centros recreativos y en cuarto lugar los 2 Coppelias. Esto obedece fundamentalmente a que solo hay dos Coppelias en comparación con una cantidad numerosa de los demás tipos de unidades.

Aún así este otro análisis indica que además de los Coppelias, es en esos tres tipos de unidades donde hay que concentrar los estudios para la reducción del consumo de energía pues ellos determinan el 87 % del consumo de toda la empresa. Ver tabla 1.6 y Figura 1.14.

Tabla 1.6: Estratificación de la energía eléctrica por tipo de unidades gastronómicas.

Tipo de unidad	Consumo (kWh)	%	% acumulado
Cafeterías	447459	42,3	42,3
Restaurantes	310110	29,3	71,7
Centros Recreativos	162229	15,3	87,0
Coppelias	110578	10,5	97,5
Talleres	17020	1,6	99,1
Almacén	7195	0,7	99,8
Alojamientos	1342	0,1	99,9
Oficinas	1180	0,1	100,0
TOTAL	1057113	100,0	

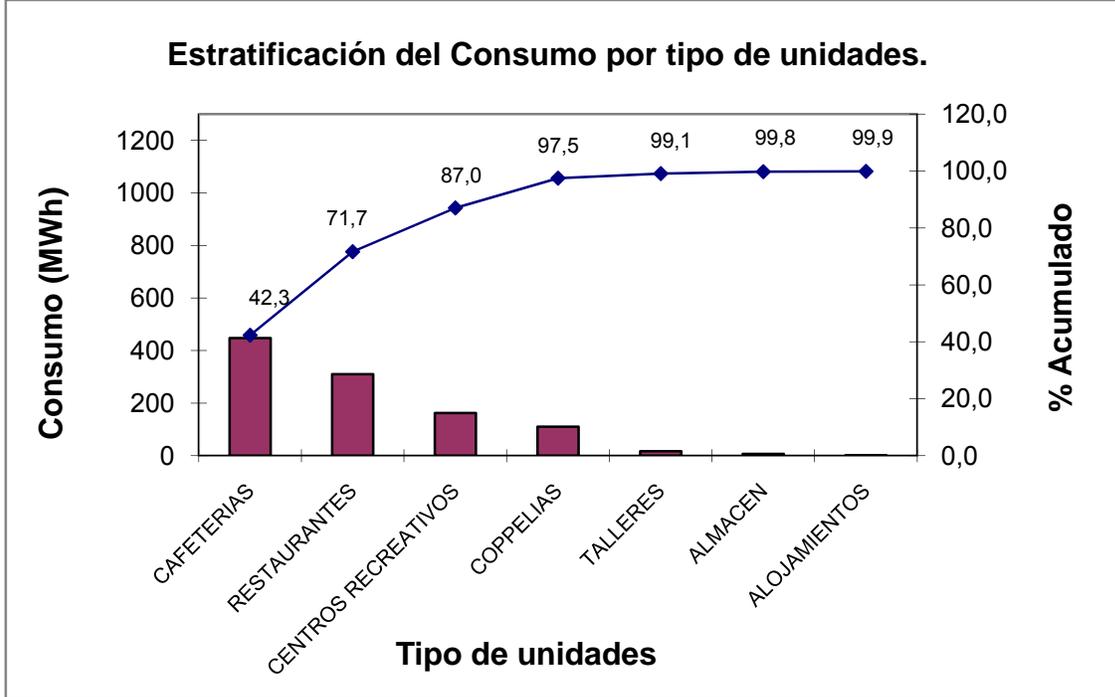


Figura 1.14: Estratificación del consumo de energía eléctrica por tipos de unidades.

### 2.2.6- Estratificación del consumo de energía eléctrica de la Empresa Gastronómica.

En la tabla 1.7 y figura 1.15, se muestran el 20 % de las unidades gastronómicas que determinan el 80 % del consumo de energía eléctrica.

Tabla 1.7: Estratificación del consumo energético en la red gastronómica.

Unidad Gastronómica	Consumo (kWh)	%	% Acumulado
Coppelia Prado	81598	12,10	12,1
Cafeteria Amanecer	55129	8,17	20,3
Centro Recreativo Tropisur	41468	6,15	26,4
Cafeteria Pinos Altos	40964	6,07	32,5
Restaurant Covadonga	32199	4,77	37,3
Coppelia Cairo	31653	4,69	42,0
Restaurante Rancho Luna	26667	3,95	45,9
Centro Recreativo Casa de la Música	25766	3,82	49,7
Restaurant La Verja	25180	3,73	53,5
Cafeteria Napolitana	23545	3,49	57,0
Restaurant Pizzeria Gioventu	23212	3,44	60,4
Merienda Escolar	18400	2,73	63,1
Cafeteria Caonao	17493	2,59	65,7
Cafetería Sol de Cuba	14969	2,22	67,9
Restaurant Covadonga # 1	14361	2,13	70,1
Cafeteria Venecia	12687	1,88	71,9
Cafeteria El Prado	12034	1,78	73,7
Cafeteria La Quirosana	11142	1,65	75,4
Cafetería Primavera	11030	1,64	77,0
Cafeteria Brisas de la Calzada	10111	1,50	78,5
Centro Recreativo la Punta	9563	1,42	79,9

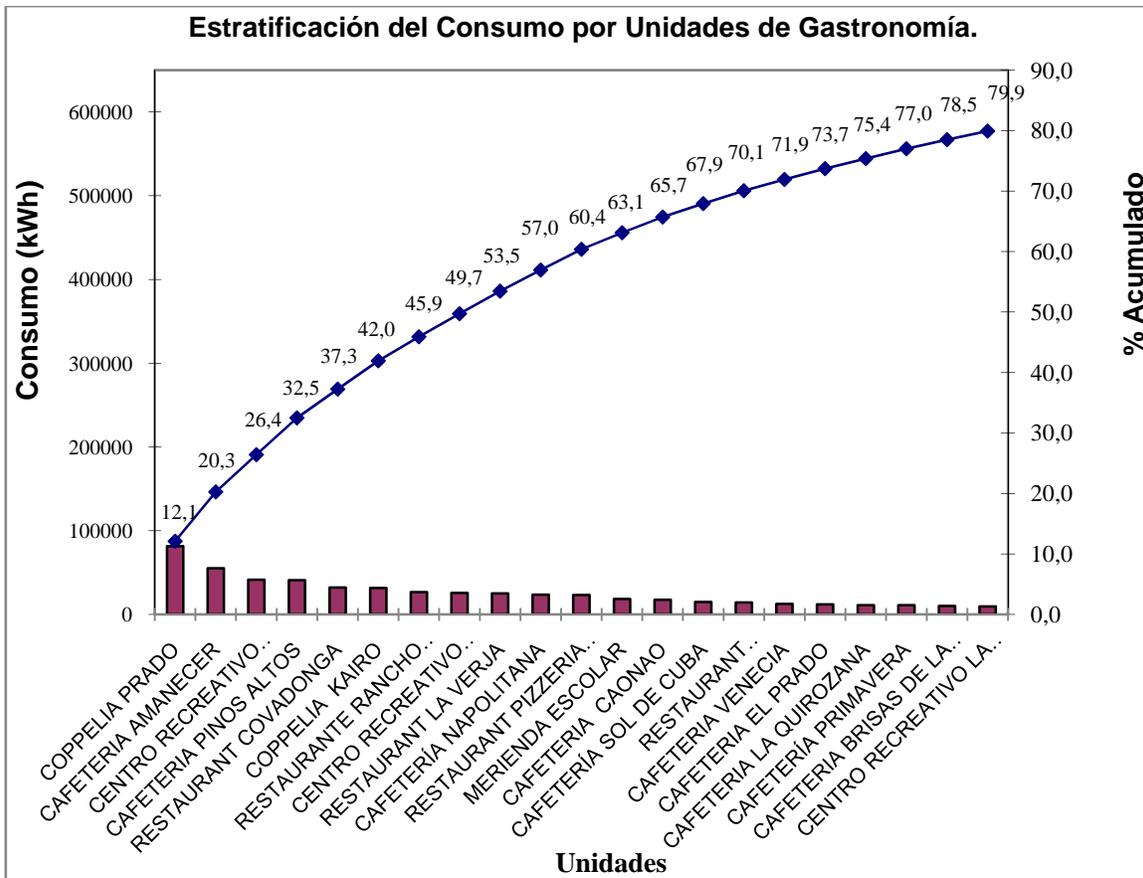


Figura 1.15: Estratificación del consumo de energía eléctrica en los principales servicios de la red gastronómica.

Se puede apreciar que, como unidad independiente, el consumidor principal es el Coppelía Prado con el 12,1 % del consumo de energía de la empresa, básicamente dado por el consumo en las cámaras refrigeradas. Es en este centro es donde se centrará la atención de este trabajo.

### 2.2.7- Estado de la Gestión Energética en la Empresa Gastronómica.

De la visita a las instalaciones de la empresa y entrevistas con los directivos de diferentes instancias podemos concluir:

1. La Empresa Gastronómica no cuenta con un personal capacitado que atienda de forma profesional el uso racional y eficiente de la energía que consumen sus entidades de prestación del servicio que brindan. En su

estructura de organización según el Anexo 1 se puede apreciar que no existe un Departamento Energético con suficiente Responsabilidad, Autoridad y Relación, que controle los recursos energéticos con los que se desarrollan las distintas actividades de servicio.

2. Actualmente no se lleva un control estadístico adecuado, que refleje de forma íntegra la realidad con que se desarrollan los consumos de portadores energéticos en el proceso productivo, ni su distribución general e impacto de los mismos en los costos económico de cada centro y de la Empresa.
3. Existe un plan de ahorro de energía solo para la electricidad no así para los demás portadores energéticos que se consumen en el proceso de aseguramiento del servicio que se brinda como son el (GLP) gas licuado del petróleo para la cocina, el diesel para la transportación... etc.
4. Se analiza la eficiencia energética a partir del cálculo de la Intensidad Energética, indicador en el cual se encubren innumerables reservas de eficiencia energética. No se calculan índices físicos de consumo en cada una de sus unidades de servicio.

Resumiendo: La Empresa Municipal Gastronomía de Cienfuegos no posee un Sistema de Gestión Energética para la administración y aseguramiento de la función gerencial que le confiera a la entidad la aptitud para satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas. Por lo antes expuesto y atendiendo al nivel de consumo de sus actividades según se plantea en [28] es de vital importancia la implementación de un “Sistema de Gestión Energética” en la Empresa Gastronómica.

### 2.3 Conclusiones Parciales.

1. La Empresa Municipal de Gastronomía de Cienfuegos dirige la actividad de 114 unidades gastronómicas, las que se pueden agrupar en 4 tipos fundamentales: cafeterías, restaurantes, centros recreativos y coppelias. En ella se utilizan como portadores energéticos: la electricidad (72.6 %), diesel (14,5 %), GLP (11,6 %) y gasolina (1,2 %).
2. El comportamiento del consumo de energía eléctrica de la Empresa de Gastronomía Cienfuegos en los tres últimos años muestra una tendencia creciente por lo cual se hace imprescindible realizar estudios acerca de la eficiencia energética de estas instalaciones y determinar índices de consumo adecuados que permitan determinar si estos consumos están en correspondencia con el nivel de ventas en unidades físicas.
3. Al estratificar el consumo de electricidad por unidades independientes se determinó que el mayor consumo corresponde al Coppelía Prado con un 12 % del consumo total, teniendo por tanto una incidencia significativa en los gastos totales de la empresa.
4. Estudios previos han identificado deficiencias en los sistemas energéticos de este tipo de unidades y señalado oportunidades de ahorro y mejora de la eficiencia como la utilización de máquinas de refrigeración reparadas y sobredimensionadas y la operación de cámaras refrigeradas con deficiente aislamiento térmico y grandes infiltraciones de aire.
5. La Empresa Municipal Gastronómica de Cienfuegos no posee un Sistema de Gestión Energética para la administración y aseguramiento de la función gerencial que le confiera a la entidad la aptitud para satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas. Por lo antes expuesto y atendiendo al nivel de consumo de sus actividades según se plantea en [[3] es de vital importancia la implementación de un “Sistema de Gestión Energética” en la Empresa Gastronómica.

### Capítulo III. Estudio Energético del “Coppelia Prado”.

El Coppelia Prado es una de las más conocidas unidades gastronómicas de la ciudad de Cienfuegos, dedicado a la venta minorista de helados y otros productos afines. Ubicado en una posición destacada en el Prado Cienfueguero recibe su nombre de este enclave.

#### 3.1- Caracterización energética del Coppelia Prado.

##### 3.1.1- Diagrama de flujo del proceso productivo en el Coppelia.

En el Anexo 2 se expone el flujograma del proceso productivo, donde se puede apreciar la relación de las diferentes etapas de su desarrollo y en cual de ellas se incurre en mayor consumo energético. Refiriéndonos a las áreas que componen el Coppelia, como se observa, es en el área de la cámara refrigerada donde se incurre en el mayor gasto energético.

##### 3.1.2- Análisis del gasto de producción en el centro.

La figura 1.16 nos muestra la partida de gastos generales de la producción durante el año 2008. En ella podemos apreciar que la energía eléctrica representa el 4% y el combustible el 1,7%.

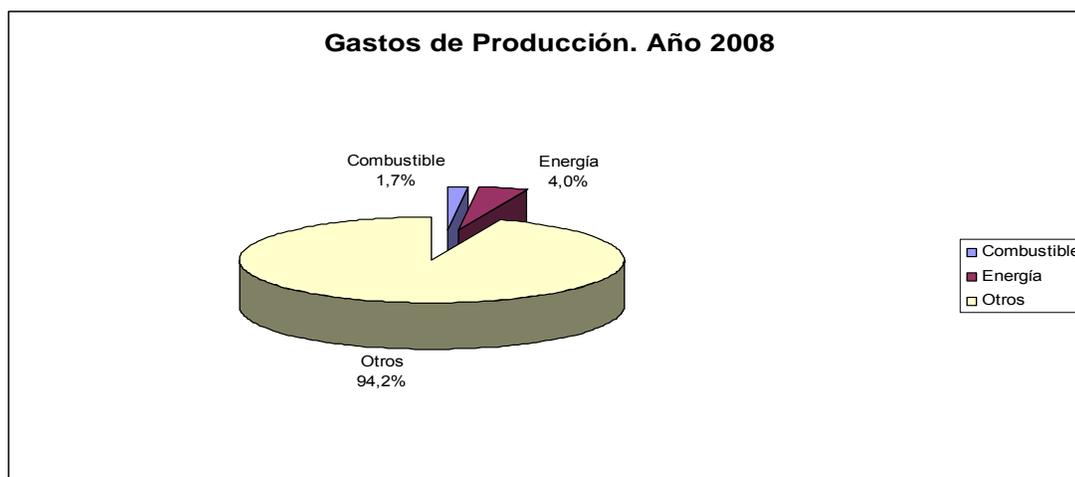


Figura 1.16: Gastos de producción Coppelia Prado. Año 2008.

### 3.1.3. Estructura de consumo de portadores energéticos.

Del análisis de la estructura de consumo por portador energético del Coppelia se pudo comprobar que el portador energético que más se utiliza es la energía eléctrica, la cifra correspondiente al cierre de Diciembre del año 2008 fue un total de 76,650 MWh/año (24,628 TCC/año).

### 3.1.4- Estructura del consumo energético por áreas de la unidad.

En la tabla 1.8 y figura 1.17, se expone la estructura de consumo por las distintas áreas del Coppelia. Se puede verificar que en la cámara refrigerada es donde se produce el mayor consumo energético del centro con un total de 364,6 kWh diario, representando el 89,9 % del consumo total de energía y junto a los dos salones de prestación del servicio representan en éste centro el 98 % del consumo general del servicio gastronómico. Ver Anexo 5: Mediciones realizadas a los dos sistemas de la cámara refrigerada con analizadores de redes.

Tabla 1.7- Estructura de consumo por áreas del centro.

<b>Descripción de Área</b>	<b>kWh/día</b>	<b>%</b>	<b>% Acumulado</b>
Área de cámara	364,6	89,98	89,98
Área de venta N° 1	16,86	4,16	94,15
Área de venta N° 2	16,5	4,07	98,22
Área de oficinas	5,52	1,36	99,58
Área de baño	1,7	0,42	100,00
Total	405,18	100,00	

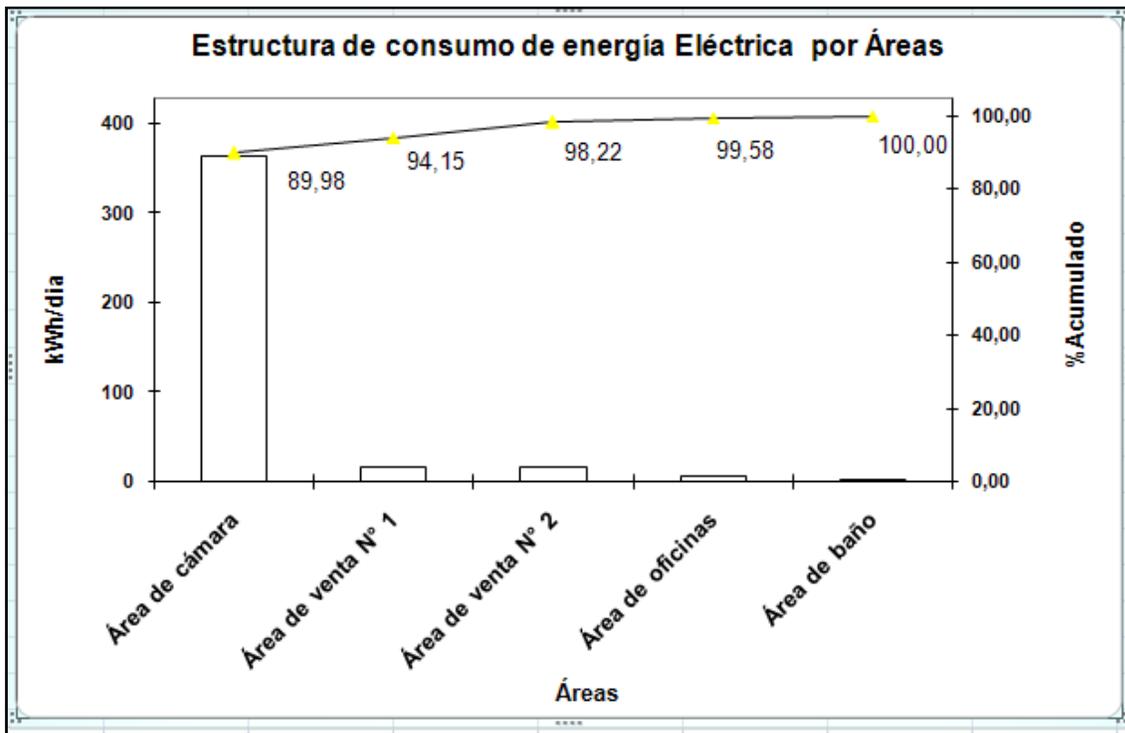


Figura 1.17: Diagrama de Pareto por Áreas.

3.1.5- Comportamiento de la producción y el consumo energético del centro en el periodo analizado.

La producción en esta unidad de servicios gastronómicos se registra por la empresa como el valor de los ingresos monetarios recibidos por concepto de ventas.

A partir del precio de venta del producto se determinan entonces las cantidades físicas de producto comercializado.

Tabla- 1.9- Comportamiento de la producción y el consumo de energía.

Año	Mes	Producción (L)	Costo de la energía (CUP)	Energía Consumida (kWh)	Índice de consumo real (kWh / L)
2006	Enero	32648	807,55	6520	0,199
2006	Febrero	34821	609,40	5000	0,143
2006	Marzo	36492	862,08	7080	0,194
2006	Abril	37282	867,71	7160	0,192
2006	Mayo	37324	936,07	7240	0,194
2007	Enero	33842	631,20	4800	0,141
2007	Febrero	36458	654,14	5000	0,137
2007	Marzo	32209	409,56	3120	0,174
2007	Abril	34190	431,52	3200	0,171
2007	Mayo	33124	402,62	3120	0,17
2007	Junio	34519	508,00	3800	0,175
2008	Mayo	35555	1251,58	8881	0,178
2008	Junio	42143	1412,10	8548	0,16
2008	Julio	53408	1367,26	7625	0,142
2008	Agosto	57456	1598,48	9533	0,165
2008	Sept.	66290	1613,28	10334	0,155
2008	Octubre	46604	1995,66	10286	0,153
2010	Enero	31188	891,40	5230	0,167
2010	Febrero	23768	683,01	3986	0,167
2010	Marzo	25042	686,96	4000	0,159
2010	Abril	23851	598,33	3547	0,148

En la tabla anterior aparecen los datos que nos pudo brindar la Empresa Gastronómica para determinados periodos de tiempo debido a los escasos datos históricos que existen en ella. No se incluyen datos del año 2009 porque este fue un año atípico en el trabajo de la instalación debido a las medidas adoptadas por la contingencia energética y el cierre parcial de la misma.

### 3.1.6 - Diagrama del comportamiento de la energía eléctrica en el tiempo.

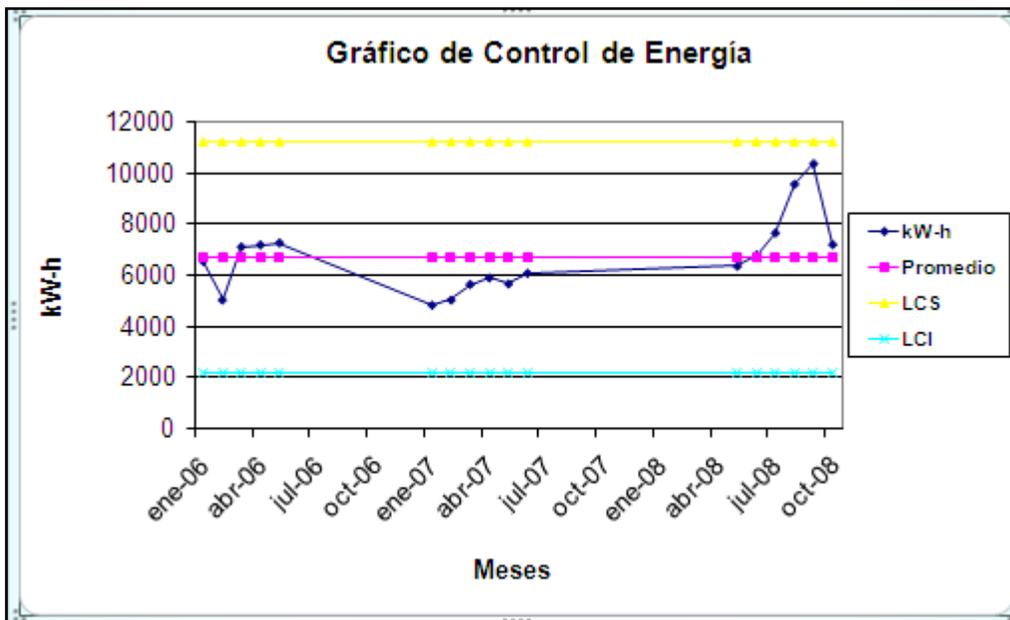


Figura 1.18: Gráfico de Control de Energía en el tiempo, Periodo 2006 – 2008.

El gráfico de control de la energía en el tiempo nos muestra el comportamiento de la energía eléctrica utilizada en el periodo analizado (2006- 2008). Mostrando que existe control sobre la energía utilizada, la misma se encuentra bajo control y con estabilidad dentro de los límite de control establecidos, con un comportamiento leve por encima de los valores medios en el año 2006, exceptuando los meses de Enero y febrero del propio año que mantienen los mejores valores de consumo energético por debajo de los valores medios.

En el periodo analizado del año 2007 el consumo energético se comporta con mejores valores de consumo pues se mantienen por debajo de los valores medios. En el año 2008 se presentan los peores valores de consumo energético, en la mayoría de los meses analizados de ese año, superando los valores medios. Según el gráfico podemos identificar que en los meses de agosto de 2008 y Septiembre de 2008 hubo un control muy débil sobre el consumo de energía.

El mes de mayo del año 2008 es el único mes que el consumo de electricidad se comporta con un buen control de la energía utilizada en el periodo evaluado.

3.1.7- Grafico de Energía y Producción en el Tiempo (E – P vs. T).

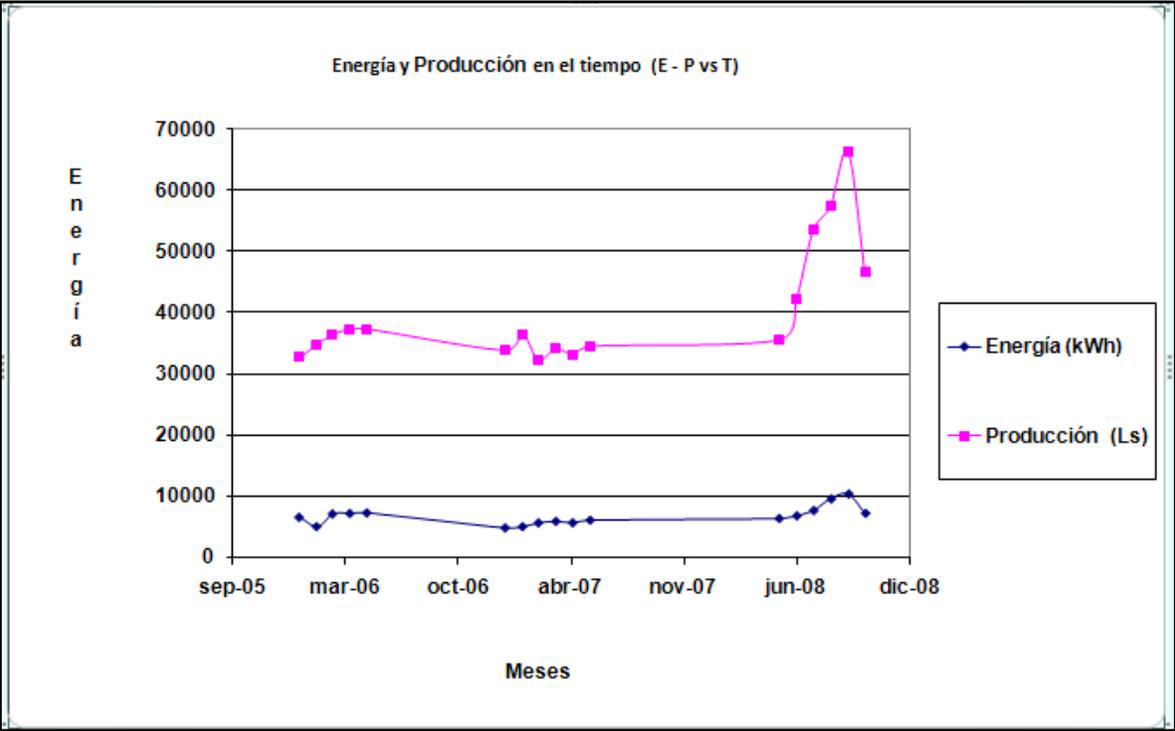


Figura 1.19: Gráfico de energía y producción en el tiempo (E – P vs T).

En el gráfico de Energía y Producción en el tiempo analizado, se muestra que no existe una variación simultánea del consumo energético con relación a la producción asociada al mismo en los meses de Enero y Febrero del 2006 por presentar un comportamiento anómalo; de igual forma se presentan comportamientos similares en los siguientes meses. Marzo y Junio, y en los meses de Julio, Agosto, Septiembre y Octubre del año 2008. En el año 2008 la tendencia de la producción fue creciente mientras el consumo de energía eléctrica permanece prácticamente estable, es decir no existe correspondencia entre estos indicadores en ese año.

Tabla- 1.10 Variación relativa de la Producción y la Energía en el Tiempo.

Periodo	Consumo (kWh)	%Variación del Consumo	Producción (L)	%Variación de la Producción	Comportamiento
ene-06	6520		32648		
feb-06	5000	-30,4	34821	6,24	Anómalo
mar-06	7080	29,4	36492	4,58	Anómalo
abr-06	7160	1,12	37282	2,12	
may-06	7240	1,10	37324	0,11	
ene-07	4800	-50,8	33842	-10,29	
feb-07	5000	4	36458	7,18	
mar-07	3120	-60,3	32209	-13,19	Anómalo
abr-07	3200	2,5	34190	5,79	
may-07	3120	-2,56	33124	-3,22	
jun-07	3800	17,89	34519	4,04	Anómalo
may-08	8881	57,21	35555	2,91	
jun-08	8548	-3,90	42143	15,63	Anómalo
jul-08	7625	-12,10	53408	21,09	Anómalo
ago-08	9533	20,01	57456	7,05	Anómalo
Sept.08	10334	7,75	66290	13,33	Anómalo
oct-08	10286	-0,47	46604	-42,24	Anómalo
ene-10	5230	-96,67	31188	-49,43	
feb-10	3986	-31,21	23768	-31,22	
mar-10	4000	0,35	25042	5,09	
abr-10	3547	-12,77	23851	-4,99	

3.1.8- Diagrama de control del Índice de consumo. Período (2006 – 2008).

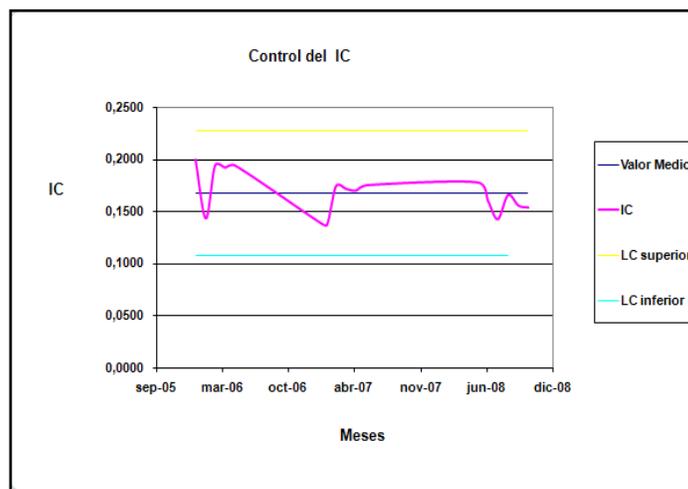


Figura 1.20: Control del índice de consumo en el periodo (2006 – 2008).

En el gráfico de control del IC se muestra que el indicador se encuentra bajo control, dejando evidencia clara de que se corresponde con el análisis realizado entre el consumo energético y la producción asociada a ese consumo dentro del periodo (2006 – 2008).

3.1.9- Análisis del comportamiento de la energía eléctrica utilizada en el periodo 2006 – 2008 con relación a la producción asociada.

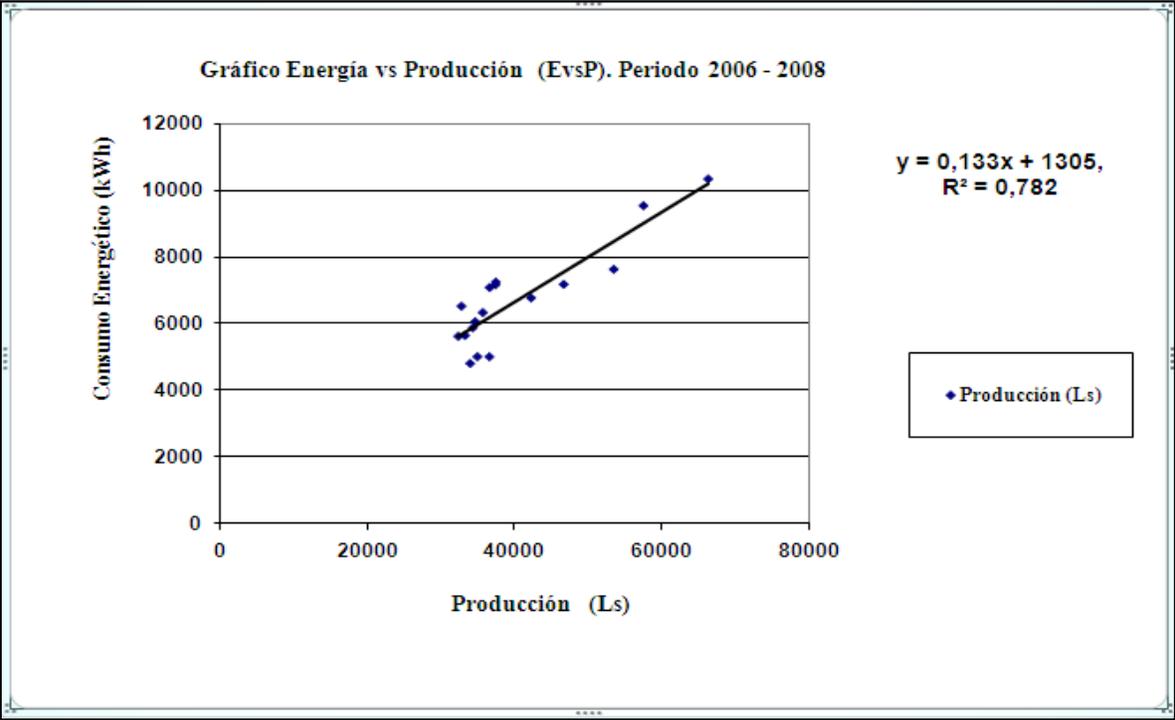


Figura 1.21- Gráfico de Energía vs Producción (E vs P) Periodo 2006 – 2008.

El gráfico de (E vs P) nos muestra que existe un coeficiente de correlación significativo, con un valor de ( $R^2 = 0,782$ ); según estudios realizados por el equipo de profesores del CEEMA de la Universidad de Cienfuegos este valor se considera positivo, demostrándose que entre la variación del consumo de energía eléctrica en el periodo de tiempo analizado, respecto a la variación de los servicios físicos prestados durante ese mismo periodo, existe una buena correspondencia.

La energía no asociada directamente a la producción presenta valores altos en el Coppelía Prado, su valor es de 19,50 % por ciento, debido principalmente a la poca cultura energética de sus dirigentes y obreros en cuanto a la correcta explotación de la cámara refrigerada y pobre disciplina tecnológica.

El consumo de energía del centro analizado no es controlado adecuadamente y las prácticas de operación y mantenimiento están pobremente definidas. No hay estabilidad en el proceso productivo ó de servicios.

La cantidad de aperturas diaria de sus puertas por un tiempo prolongado y el desaprovechamiento del volumen útil del interior del recinto, que ocasiona prácticamente trabajo en vacío del sistema de refrigeración, son causas que generan un derroche de energía no relacionada con las ventas en unidades físicas según el nivel de servicios prestados.

Sumándose a lo anterior planteado las pérdidas eléctricas en potencia reactiva, por presentar un factor de potencia bajo ( $FP_{prom} = 0,75$ ), ver Anexo 3.

### 3.1.10- Diagrama Índice de consumo – Producción (IC vs. P).

El índice de consumo de esta instalación se define como el consumo de energía por litro de helado y se expresa en las siguientes unidades: kWh/L.

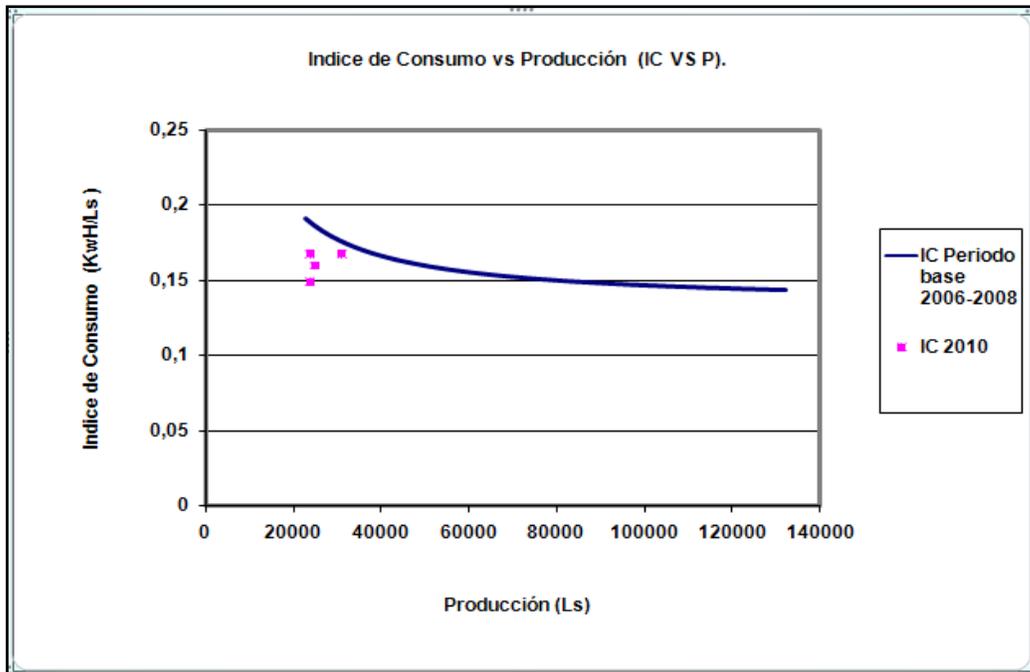


Figura 1.22 - Comportamiento del Índice de consumo del periodo base con relación al índice de consumo del año 2010.

En el año 2010 presenta mejores valores respecto a los valores del periodo base de los años 2006 – 2008. El comportamiento actual del indicador se debe a que se han tomado medidas en cuanto a una menor explotación de la cámara refrigerada, solo se recibe la cantidad de helado que se vende diario; manteniendo los servicios prestados en equipos móviles isotérmicos.

No se debe a un uso racional y eficiente de la energía eléctrica, ni a un incremento de la eficiencia del proceso, sino a medidas tomadas en la contingencia energética que se desarrolla en el país, consumiéndose según los planes de consumo de energía planificados y atenuando el consumo energético con menores niveles de servicios dentro de la unidad.

### 3.1.11- Gráfico de Tendencias ó de Sumas Acumulativas (CUSUM).

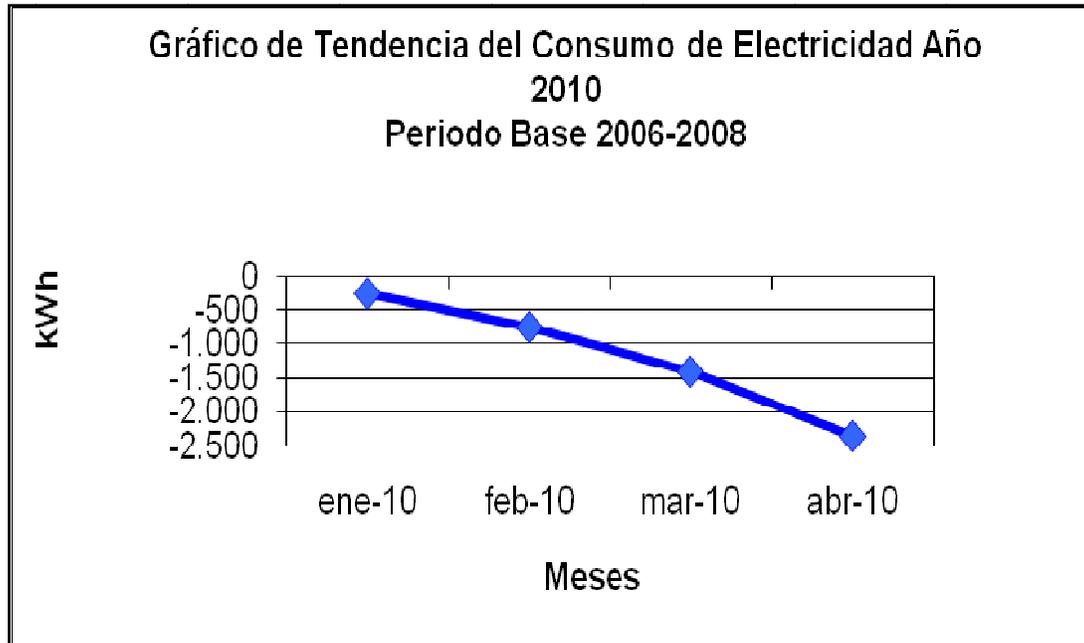


Figura 1.22- Gráfico de CUSUM.

En el gráfico de tendencias ó de sumas acumulativas se muestra que el comportamiento del índice de consumo en el año 2010 presenta mejores resultados con valores más bajos con relación a igual periodo evaluado de años anteriores (2006 – 2008) y que en los meses transcurrido del 2010, mantiene una tendencia mes a mes a continuar con mejores resultados.

### 3.2- Diagnóstico Energético Preliminar.

Para la evaluación de la situación de la empresa se realizó un diagnóstico energético preliminar en diferentes áreas, detectándose las siguientes deficiencias:

### 3.2.1- Sistema de Refrigeración.

- Malas prácticas de explotación de la cámara refrigerada. Períodos de apertura prolongada de las puertas.
- Mal aprovechamiento del volumen útil del recinto refrigerado por el almacenamiento incorrecto del helado.
- En frecuentes ocasiones se almacena en la cámara una cantidad mínima de galones sin que se utilicen “freezer” habilitados para ello.
- Existen dos sistemas de refrigeración tributando al mismo volumen útil de la cámara del Coppelia Prado, sin justificación alguna.
- Las dimensiones de la cámara refrigerada no se ajustan a las normas internacionales donde se regulan los requisitos técnicos de construcción. [15].
- Temperatura de trabajo en la cámara fuera de régimen. La temperatura recomendada para este producto es de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  [18] [19] y la temperatura ideal de servicio del helado es de  $(-11,5\text{ }^{\circ}\text{C})$  [20]; sin embargo el control de temperatura de los sistemas se encuentra programado a  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Mal estado técnico del sistema de refrigeración, no se cumplen los plazos de mantenimiento recomendados.
- Existe producción en proceso que ha consumido energía y no se lleva al registro histórico de producción, puesto que dentro de esta se contabiliza solo la que se comercializa. Ello significa que las cantidades de helado que quedan en existencia en la cámara refrigerada después de realizarse el balance económico diario no se reportan en la producción diaria, sino al día siguiente.

### 3.2.2- Sistema de suministro eléctrico.

Para el diagnóstico del sistema de suministro eléctrico se estudiaron las facturas suministradas por la Empresa Eléctrica, y se realizó la lectura de descarga del

metro contador a través de un analizador de redes, lecturas que se muestran en el Anexos 3 y tabla 1.9.

Por ser el centro analizado un consumidor de baja tensión, no es un servicio exclusivo de la red, alimentada no directamente a la salida del banco de transformadores, sino de un circuito secundario con otros 66 consumidores.

Se aplica la tarifa B-1 por la Empresa Eléctrica Provincial de Cienfuegos según la resolución 311 del año 2001, puesta en vigor el 1<sup>ro</sup> de Enero del año 2002.

La demanda eléctrica en el Coppelia no supera los 21 kW, como se muestra en el anexo 3, sin embargo por tratarse de una máquina de refrigeración el consumo diario es elevado, normalmente en el orden de los 300 kWh diarios ver Anexo 5.

### 3.2.3- Resultados del diagnóstico.

- La demanda contratada a la Empresa Eléctrica es de 30 kW. Dado el comportamiento de la demanda real la entidad pudiera contratar una demanda menor, pero el resultado no implicaría beneficio para la Empresa porque la tarifa B-1 de la resolución 311 del MEP, no contiene precio por cargo fijo (demanda contratada), solo contiene precio del kWh en el horario de día (\$ 0,0944/kWh).
- El factor de potencia mantiene valores bajos, en el orden de 0,75, por lo cual recibe penalizaciones de la Empresa Eléctrica. En el Anexo 3 se muestra la lectura de descarga del metro contador de la unidad en un periodo de seis meses (del 19/2/2008 al 16/9/2008) con un analizador de redes.

### 3.3- Oportunidades de ahorro y uso racional de la energía.

1. Mejora del factor de potencia. Instalación de un banco de capacitores
2. Recálculo y ajuste de la capacidad de enfriamiento necesaria.
3. Rediseño del sistema constructivo de la cámara de refrigeración y estrategia de almacenamiento.

### 3.4- Proyectos de mejora de ahorro y uso racional de la energía.

3.4.1- Instalación de un banco de capacitores para la mejora del factor de potencia.

Mejorar el factor de potencia resulta práctico y económico, por medio de la instalación de capacitores eléctricos estáticos, o utilizando motores sincrónicos disponibles en el mercado (algo menos económico si no se dispone de ellos). El consumo de kW y kVAR (kVA) en un establecimiento se mantienen inalterables antes y después de la compensación reactiva (instalación de los capacitores), la diferencia estriba en que al principio los kVAR que esa unidad estaba requiriendo, debían ser producidos, transportados y entregados por la empresa de distribución de energía eléctrica, lo cual como se ha mencionado anteriormente, le produce consecuencias negativas.

Ésta potencia reactiva puede ser generada y entregada de forma económica, por la unidad a través de los bancos de capacitores y/o motores sincrónicos, evitando a la empresa de distribución de energía eléctrica, el generarla transportarla y distribuirla por sus redes.

#### Cálculo del banco de capacitores.

El factor de potencia en la unidad Coppelia Prado de Cienfuegos está en un estado muy bajo, promediando 0,75 como se muestra en el Anexo 3. Los kVAR capacitivos necesarios para llevar el factor de potencia de 0,75 a 0,96 se calculan empleando la siguiente expresión:

$$Q = P (\tan\phi_1 - \tan\phi_2)$$

Donde:

Q es la capacidad requerida del banco de capacitores, en KVAR.

P es la potencia activa demandada por la carga, en kW.

$\Phi_1$  es el ángulo correspondiente al factor de potencia deseado.

$\Phi_2$  es el ángulo correspondiente al factor de potencia actual.

De la tabla que se brinda en el Anexo 4 se obtiene el valor del término ( $\tan\phi_1 - \tan\phi_2$ ). Para elevar el factor de potencia de 0.75 a 0.96 es de 0.5903.

Teniendo el valor promedio de energía activa (Ea) de 6096 kWh y las horas de trabajo mensuales (720 h), se obtiene la potencia promedio de la instalación como:

$$P = Ea / \text{horas trabajo} = 6096 \text{ kWh} / 720 \text{ h}$$

$$P = 8,466 \text{ kW}$$

Con esta información se calcula entonces la capacidad del banco de capacitores a instalar como:

$$Q = 8,466 \text{ kW} * 0.5903 = 5 \text{ KVARc.}$$

Entre las ofertas de bancos de capacitores de la empresa comercializadora ACINOX Cienfuegos, se selecciona uno de 5 KVARc, Ø3, 230 v, Modelo MKP/TC

#### Valoración económica.

El ahorro por reducción de pérdidas se obtiene de un software especializado [27] que arroja los siguientes resultados, ver Anexo 6.

Datos Iniciales	
Energía activa (Ea):	6407,00
Horas de trabajo al mes (h):	720,00
Horas de trabajo al año (h):	5040,00
fp ini	0,75
fp fin	0,96
tanq1-tanq2	0,5902
Voltaje (V):	230,00
Resistencia:	0,0108
Potencia promedio (P):	15,25
Capacidad del banco de capacitores (KVARc):	9,00
Potencia reactiva inicial (Qini):	13,45
Pérdidas iniciales (APini):	39,34
Potencia reactiva final (Qfin):	4,45
Pérdidas finales (APfin):	6,53
Reducción de pérdidas (AP):	32,80
Energía ahorrada mensual (Eh) (kWh)	13777,45
Energía ahorrada año(Eh) (kWh)	165329,43

Como puede apreciarse el valor presente neto para la propuesta de instalación del banco de capacitores es de 22350,16 CUP y el flujo de efectivo acumulado se torna positivo en el primer año, esta información puede verse graficada en la Figura 1,23.

De acuerdo con estos resultados esta inversión resulta muy atractiva, de todo el presupuesto anual asignado a la unidad Coppelia se puede ahorrar hasta un 28% si se mejora el factor de potencia de la instalación.

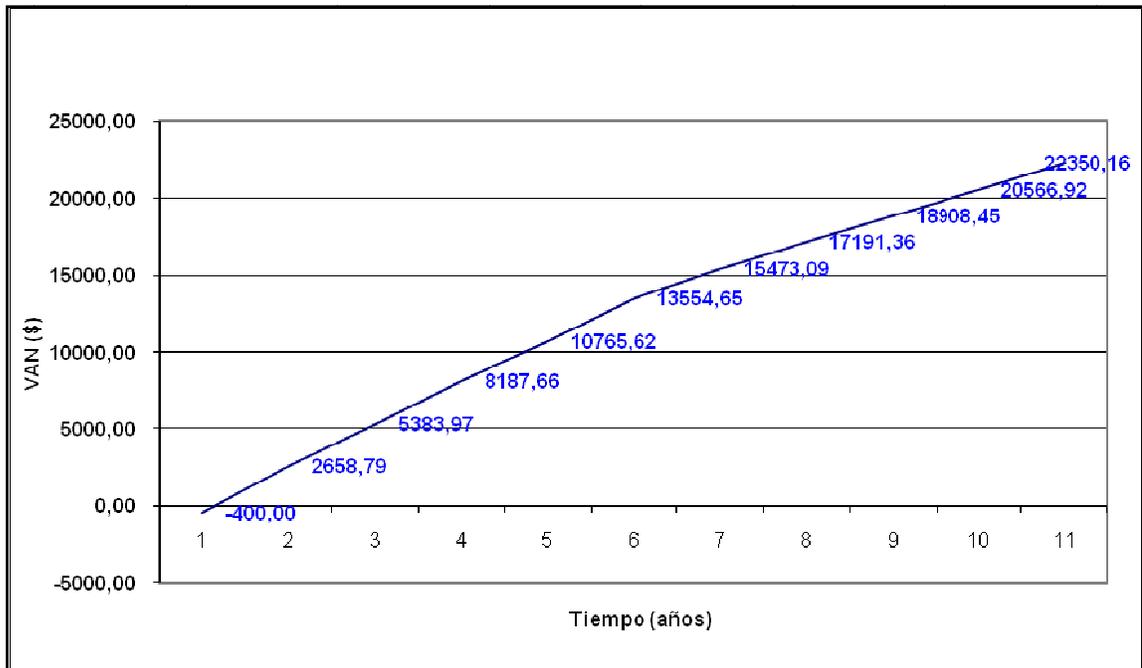


Figura 1,23 - Comportamiento del flujo de efectivo descontado acumulado.

### 3.4.2- Recálculo y ajuste de la capacidad de enfriamiento necesaria.

Uno de los problemas fundamentales de las instalaciones de refrigeración comercial es el desbalance de los componentes del sistema, provocado fundamentalmente por una pobre selección de los mismos desde la etapa de diseño, o por una sustitución indebida de los componentes del sistema en caso de roturas. Esta situación se traduce a la postre en exagerados consumos de energía por parte del sistema de refrigeración, y en ocasiones no se logran las condiciones de almacenamiento de los productos afectando la calidad del mismo y el servicio que se presta.

Un primer paso para solución del problema consiste en realizar los cálculos verificativos de los componentes del sistema que permita juzgar de forma adecuada la situación real del equipamiento instalado, y además la toma de decisiones inteligentes al respecto que conduzcan al ahorro de energía y la disminución del impacto ambiental.

### Cálculo verificativo del equipamiento.

La figura 1.24 muestra una vista de la cámara objeto de estudio.



Figura 1.24- Cámara de congelación de Helados Coppelia Prado.

La cámara de conservación de helado está destinada al almacenamiento del producto a una temperatura de  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Construida con paneles de poliuretano de 10 cm de espesor está ubicada en el interior del establecimiento. La tabla 1.11 muestra las principales dimensiones de la cámara y la tabla 1.12 - las condiciones de diseño exterior e interior para el cálculo térmico verificativo de la misma.

Tabla 1.11- Dimensiones cámara de congelación “Coppelia Prado”

Dimensiones de la Cámara de Congelación.		
	Metros (m)	Pies
Alto ( h )	2.00	6.56
Largo ( L )	5.31	17.42
Ancho ( a )	2.80	9.18
Alto de la puerta	1.90	3.281
Ancho de la puerta	0.80	2.62
Espesor de las paredes	0.1	0.83

Tabla 1.12- Condiciones de diseño.

<i>Datos Ambientales</i>		
	<sup>o</sup> C	<sup>o</sup> F
Temperatura exterior	35	95
Temperatura interior	-25	-13
<i>Humedades relativas</i>		
Humedad relativa (Exterior)	80%	
Humedad relativa ( Interior)	70 %	

Los cálculos verficativos se realizan para una cantidad promedio de 6032.77 kg de helado diarios.

Metodología de cálculo.

Para el caso de estudio se utilizó la metodología de cálculo desarrollada por Copeland [21]. La terminología utilizada del sistema inglés de unidades responde a que las tablas de cálculos y dimensiones se encuentran en ese sistema de unidades, al final se reflejan todos los resultados en el sistema internacional de unidades.

Cálculo de la carga de calor por transmisión – Qt

Se realiza el cálculo de las ganancias de calor por las 4 paredes laterales, el piso y el techo de la cámara a través de la expresión 3.1, y el resultado final se refleja en la tabla 1.13.

$$Q_t = U \times A \times TD \tag{3.1}$$

Donde:

Q = Calor Transferido, BTU/h

U = Coeficiente global de transferencia de Calor, BTU/(h)(sq. ft.) (<sup>o</sup>F TD)

A = área en pies cuadrados.

TD = Diferencia Temperatura de los lados del muro térmico

Tabla 1.13- Cargas de trasmisión de calor total

Carga total de transmisión de calor	BTU/24hr)
$Q_{ttc}=Q_{p1}+Q_{p2}+Q_{p3}+Q_{p4}+Q_{piso}+Q_{techo}$	1102,40

Donde:

$Q_{tt}$  = Cargas de transmisión totales

$Q_{p1,2,3,4}$  = Cargas de transmisión por las paredes 1,2,3,4

$Q_{piso}$  = Cargas Transmisión de calor por el piso.

$Q_{techo}$  = Cargas Transmisión de calor por el techo.

Cargas por Infiltración de aire - $Q_i$ .

Las ganancias por infiltración de aire se calculan a partir de la expresión (3.4)

$$Q_i = V \times CA \times CR \quad (3.4)$$

Donde:

$V$  = Volumen expresado en ( $\text{pie}^3$ )

$CA$  = Renovaciones del aire en 24 h.

$CR$  = Factor de uso de la cámara expresado en ( $\text{Btu}/\text{pie}^3$ )

De acuerdo a lo establecido por Copeland [21] cuando se trata de una cámara de uso frecuente el factor de uso de la cámara se duplica. Para el caso nuestro las infiltraciones de aire debido al factor de uso de la cámara son elevadas.

Tabla 1.14- Resultados de las cargas térmicas por infiltración

Cálculo para conocer la infiltración del aire				
Cargas por infiltración de aire.	V (pie <sup>3</sup> )	CA pie <sup>3</sup> /24horas	CR Btu/pie <sup>3</sup>	Resultado Btu/24horas
QI = V×CA×CR	1049,0 4	13,07	3,80	52101,90
Cálculo del Volumen de la Cámara	L (pie)	A (pie)	H (pie)	V (pie <sup>3</sup> )
V=L×A×H	17,42	9,18	6,56	1049,04

#### Carga de productos- Qp.

Los productos arriban a la cámara desde carros aislados térmicamente, donde el helado posee temperaturas promedio de -10C. De esta manera solo es necesario calcular el calor que aporta el producto por debajo del punto de congelación.

$$Q_{ppd} = W \times c_i \times (T_f - T_3) \quad (3.5)$$

Donde:

Qppd = Carga de productos (BTU/24h)

W = Peso de producto en libras/24h

c<sub>i</sub> = El calor específico por debajo del punto de congelación en BTU/lb<sup>0</sup>F.

T<sub>3</sub> = La temperatura de entrada en <sup>0</sup>F

T<sub>f</sub> = La temperatura final en <sup>0</sup>F

La tabla 1.15 muestra las ganancias de calor por productos.

Tabla 1.15 - Ganancias de calor por productos.

Producto	W (Lb/24h)	C <sub>i</sub> (Btu/lb <sup>0</sup> F)	T <sub>f</sub> ( <sup>0</sup> F)	T <sub>3</sub> ( <sup>0</sup> F)	Qppd (BTU/24h)
Helado	3000	0,45	-13	-10	4050,00

Cargas suplementarias- Qs.

$$Qts = Qi + Qme + Qp \quad (3.6)$$

Donde:

Qts= Carga total suplementaria

Qi= Cargas por iluminación

Qp= Cargas por personas

Qme = cargas por motores eléctricos

La tabla 1.16 muestra las ganancias de calor suplementarias

Tabla 1.16 - Ganancias de Calor Suplementarias.

Carga Total Suplementarias	Resultado (Btu/24hr)
$Qts=Qi+Qme+Qp$	25408,72

Carga total de la cámara- Qtc.

$$Qtc=Qttc+Qi+Qtpa+Qts = 82663.03 \text{ (BTU/24h)} \quad (3.8)$$

Teniendo en cuenta que la descongelación de la cámara es por resistencia eléctrica se considera que está operando 18 horas al día [21].

$$Qtc= 4592.39 \text{ BTU/h} = 1.34 \text{ kW}$$

Teniendo en cuenta que 1 tonelada de refrigeración = 12000 BTU/hr.

$$Qtc= 0.38 \text{ Toneladas de refrigeración.}$$

Evaluación de la capacidad del equipamiento real instalado.

El recinto cuenta de dos sistemas de refrigeración similares, que tributan al mismo volumen interior de la cámara refrigerada, con los siguientes datos técnicos:

Modelo: BITZER LH64/4FC-3.2

Potencia: 3 HP

Suministro eléctrico: 220volts. Trifásico

Refrigerante R-22

Línea succión 7/8"

Línea de líquido 1/2"

Capacidad ventilador: 76.3 m<sup>3</sup>/min

Temperatura ambiente: 35°C

Capacidad de refrigeración para temperatura de evaporación de -25°C= 6,01 kW  
(1.71 ton)

Capacidad de refrigeración para temperatura de evaporación de -15°C=7,58 kW  
(2,15 ton)

Capacidad de refrigeración para temperatura de evaporación de -10°C= 9,34 kW  
(2.65 ton)

De acuerdo al resultado del cálculo de cargas térmicas se concluye que la capacidad de refrigeración necesaria para la cámara es de 0.5 ton (considerando un factor de seguridad y los valores de capacidad estandarizados en la red comercial). Sin embargo el equipamiento existente posee una capacidad de refrigeración total de 3,42 ton (1,71 ton x 2 unidades), por tanto existe un sobredimensionamiento considerable.

En términos de potencia del compresor, si consideramos que según [22] en sistemas de refrigeración que trabajan a temperaturas de evaporación inferiores de -10 °C se requieren 3 HP de potencia por cada tonelada de refrigeración de capacidad, esto significa que sólo se requiere un compresor de 1.5 HP de potencia para vencer la carga térmica requerida.

Cálculo del ahorro de energía por este concepto.

Potencia de los compresores actuales (2 unidades de 3 HP).

$$P_{teor1} = \sqrt{3} \times V_{prom.} \times I_{prom.} \times \text{Cos } \phi. \times 2 \text{ unidades} \quad (3.9)$$

Donde:

$P_{\text{teor}}$  = Potencia teórica del compresor.

$V$  = Voltaje promedio.

$I$  = Amperaje promedio.

$\emptyset$  = Factor de potencia 0.9

$$P_{\text{teor1}} = \sqrt{3} \times 220 \times 17 \times 0.9 \times 2$$

$$P_{\text{teor1}} = 11,646 \text{ kW.}$$

Potencia del compresor necesario según cálculos carga térmica (1,5 HP).

$$P_{\text{teor2}} = \sqrt{3} \times V_{\text{prom.}} \times I_{\text{prom.}} \times \text{Cos } \emptyset. \quad (3.10)$$

$$P_{\text{teor2}} = \sqrt{3} \times 220 \times 9 \times 0.9$$

$$P_{\text{teor2}} = 3,083 \text{ kW.}$$

Diferencia de potencia teórica consumida.  $(\Delta P)$ .

$$\Delta P = P_{\text{teor1}} - P_{\text{teor2}} \quad (3.11)$$

$$\Delta P = 11,64 \text{ kW} - 3,083 \text{ kW}$$

$$\Delta P = 8,563 \text{ kW}$$

Se observa que existe un sobreconsumo de energía eléctrica en la unidad originado por la pobre selección del equipamiento que se instaló. Esto redundará en pérdidas monetarias, y en el incremento del impacto ambiental debido a una mayor cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Valoración económica.

Ahorro monetario debido a la potencia dejada de consumir por correcta selección del equipamiento.

$$EA = 8,56 \text{ kW} \times 18 \text{ hr/día.}$$

$$EA = 154,08 \text{ kWh/día.}$$

Para la determinación del potencial de ahorro económico se determinó el precio promedio del kWh, tomando en consideración el porcentaje del consumo total que representa el consumo en el horario de día, y el costo de la energía de acuerdo a la tarifa eléctrica aplicada para esta dependencia de la Empresa Gastronómica.

Para el cálculo del ahorro se consideraron los 365 días del año.

Teniendo en cuenta la tarifa eléctrica que se aplica a la unidad Coppelía Prado de la Empresa Gastronómica (B -1), se tiene que:

$$EA = 154,08 \frac{kWh}{día} * 365 \frac{días}{año} = 56239,2 \frac{kWh}{año} \quad (3.12)$$

$$Ahorro Económico = EA * 0,24 \frac{CUP}{kWh} = 13774,15 \frac{CUP}{año} \quad (3.13)$$

donde:

$EA$  → Energía Ahorrada Anualmente, kWh/año

$0,24 \frac{CUP}{kWh}$  → Precio promedio del kWh pagado en la empresa de Gastronomía.

Valoración Ambiental.

El aumento de la eficiencia energética de un sistema térmico, unido al mejor aprovechamiento de la energía en un proceso determinado conlleva a la reducción de las emisiones de gases contaminantes.

El calentamiento global del planeta, condicionado en su gran mayoría por la cantidad de gases contaminantes emitidos a la atmósfera durante el proceso de combustión, constituye un problema serio para la humanidad. El efecto de contaminación indirecta derivado de la quema de combustibles fósiles queda expresado de la manera siguiente [23], [24].

$$RI = EA . e_{CO_2}, \frac{kgCO_2}{año} \quad (3.14)$$

donde:

$RI$  = Reducción del impacto ambiental asociado;  $\frac{kgCO_2}{año}$

$EA$  = Energía ahorrada;  $\frac{kWh}{año}$

$e_{CO_2}$  = índice de emisiones;  $\frac{kgCO_2}{kWh}$

Cálculo de la cantidad de  $kg CO_2$  que se desprende durante el proceso de combustión.



De acuerdo al contenido de carbono que posee el petróleo crudo cubano: 0,81

$\frac{kgC}{kgPetróleo}$ , utilizado en las termoeléctricas de Cuba [25]

$$3,67 \frac{kgCO_2}{kgC} \times 0,81 \frac{kgC}{kgPetróleo} = 2,97 \frac{kgCO_2}{kgPetróleo} \quad (3.17)$$

$$2,97 \frac{kgCO_2}{kgPetróleo} \times 0,310 \frac{kgPetróleo}{kgCO_2} = 0,921 \frac{kgCO_2}{kWh} \quad (3.18)$$

$e_{CO_2} = 0,921 \frac{kgCO_2}{kWh}$ , según tipo de combustible quemado en las termoeléctricas de Cuba [25], [26].

$$Ei = 56239,2 \frac{kWh}{año} \times 0,921 \frac{kgCO_2}{kWh} = 51796,3 \text{ kgCO}_2/\text{año} \quad (3.19)$$

$Ei \rightarrow$  Efecto ambiental indirecto

3.4.3- Rediseño del sistema constructivo de la cámara de refrigeración y estrategia de almacenamiento.

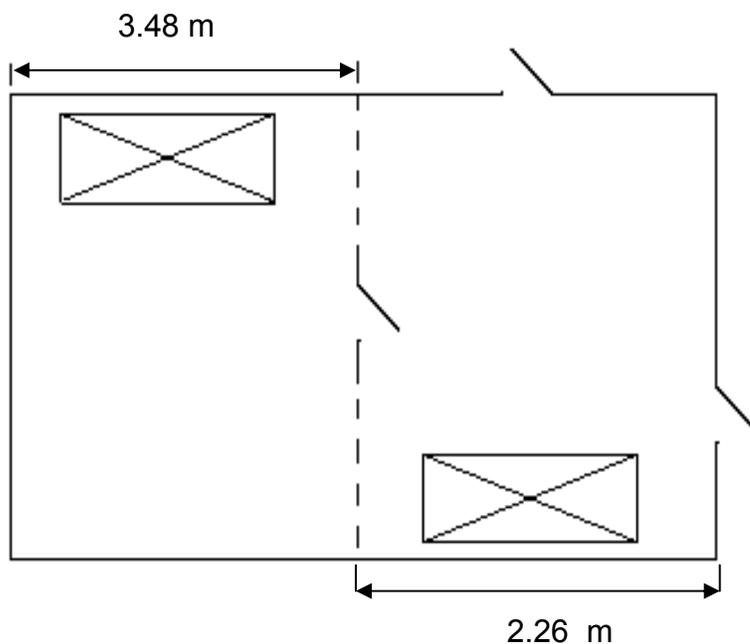
Tanto el diagnóstico realizado como el resultado del cálculo de cargas térmicas de la cámara muestran que las infiltraciones de aire son excesivas, trayendo consigo cuantiosas ganancias de calor que tiene que vencer el equipamiento de refrigeración para lograr las condiciones de diseño interior del recinto.

Se propone una estructura constructiva de la cámara que puede resolver la situación y disminuir los gastos asociados. La solución aparece ilustrada en la figura 1.25 y consiste en dividir la cámara original en dos: una cámara de congelación y una antecámara de conservación a  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

De acuerdo a la norma [18], [19] el helado que se consume diariamente solo requiere temperaturas de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  para su almacenamiento, entonces se propone que la cámara de congelación realice esta función.

Por su parte la cámara de conservación, o antecámara, permitirá al personal de servicio ofertar el helado a la temperatura de servicio ideal que es  $-11,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  [20], y con ello reducir en gran medida las infiltraciones de aire que se producen en las condiciones actuales de explotación con la apertura prolongada de las puertas.

La figura 1.25 muestra la propuesta constructiva descrita.



Longitud cámara 1 = 3.048 m (10 pie)

Longitud antecámara= 2.26 m (6,56 pie).

En estas nuevas condiciones un sistema de refrigeración estará encargado de mantener -18 °C en la cámara de congelación y otro sistema mantendrá las condiciones de -12 °C en la antecámara.

Resultados del cálculo de cargas térmicas del Coppelía con la nueva Variante constructiva.

Tabla 1.17- Dimensiones de la cámara de congelación redimensionada.

Redimensionamiento de la Cámara de Congelación.		
	Metros (m)	Pies
Alto ( h )	2.00	6.56
Largo ( L )	3.048	9.99
Ancho ( a )	2.80	9.18
Alto de la puerta # 1	1.90	3.281
Ancho de la puerta # 2	0.80	2.62
Espesor de las paredes	0.1	0.83

Tabla 1.18- Condiciones de diseño con redimensionamiento.

Datos Ambientales		
	°C	°F
Temperatura exterior	35	95
Temperatura interior	-18	-0,4
Humedades relativas		
Humedad relativa (Exterior)	80%	
Humedad Relativa ( Interior)	70 %	

Utilizando nuevamente la metodología de cálculo desarrollada por Copeland [21] se obtuvieron los siguientes resultados.

Cálculo de la carga de calor por transmisión – Q.

La temperatura exterior de la pared N° 1 como es interior se toma a la temperatura de diseño del interior de la precámara (-12 °C).

La Q se obtiene de la expresión (3.1).

Tabla 1.19- Cargas de trasmisión de calor total.

Carga total de transmisión de calor	Resul(Btu/24hr)
$Q_{ttc} = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} + Q_{piso} + Q_{techo}$ a -0,4 F	1191,185576

Cargas por Infiltración de aire.

Las ganancias por infiltración de aire se calculan a partir la expresión (3.4)

Tabla 1.20- Resultados de las cargas térmicas por infiltración de aire exterior.

Cálculo para conocer la infiltración del aire				
Cargas por infiltración de aire.	V (pie <sup>3</sup> )	CA pie <sup>3</sup> /24hor	CR Btu/pie <sup>3</sup>	Resultado Btu/24hor
$QI = V * CA * CR$	601,605	18	3,16	34219,337

Carga de productos.

Los productos arriban a la cámara desde carros aislados térmicamente, donde el helado posee temperaturas promedio de -10C. De esta manera solo es necesario calcular el calor que aporta el producto por debajo del punto de congelación.

De acuerdo a la expresión (3,5) se calcula la carga térmica que aporta el producto.

$$Q_{ppd} = W \times c_i \times (T_f - T_3) \tag{3.5}$$

Donde:

Qppd = Carga de productos

W = Peso de producto en las libras

ci = El calor específico por debajo de congelación.

T3= La temperatura congelación.

Tf = La temperatura Final.

Tabla 1.21- Ganancias de calor por productos

Carga del Productos en el Interior de la Cámara.						
Produ ctos	W (Lb/24 Hr)	Ci (Btu/l bF)	Td hc( F)	Td hic (F)	T D ( F)	Qpdpc=W*Ci*(TD)Btu/ 24hr
Helad o	1800	0,45	-10	- 0,4	9 ,6	7776

Cargas suplementarias.

$$Qts = QI + Qme + Qp \quad (3.6)$$

Donde:

Qts= Carga total suplementaria

Qi= Cargas por iluminación

Qp= Cargas por personas

Qme = cargas por motores eléctricos

La tabla 1.22 muestra las ganancias de calor suplementarias

Tabla 1.22- Cargas suplementarias de calor.

Carga Total Suplementarias				Resultado (Btu/dia)
Qts=Qib+Qme+Qcp a -0,4 F				12763,775

Carga total de la cámara.

Según la formula (3.8) tenemos:

$$Q_{tc} = Q_{ttc} + Q_i + Q_{tpa} + Q_{ts} = 55950,297 \text{ (BTUH/24Hr)} = 5903059 \text{ kJ / 24hr.}$$
$$= 16,397 \text{ kWhr / 24hr.}$$

Teniendo en cuenta que 1 tonelada de refrigeración = 12000 BTU/hr.

$Q_{tc} = 0.25$  Toneladas de refrigeración en congelación.

Resultados del cálculo de cargas térmicas del Coppelia con la nueva variante constructiva.

Tabla 1.23- Dimensiones de la Cámara de conservación redimensionada.

<i>Redimensión de la Cámara de Conservación.</i>		
	Metros (m)	Pies
Alto ( h )	2.00	6.56
Largo ( L )	2,26	6.56
Ancho ( a )	2.80	9.18
Alto de la puerta # 1	1.90	3.281
Ancho de la puerta # 2	0.80	2.62
Espesor de las paredes	0.1	0.83

Tabla 1.24- Condiciones de diseño con redimensionamiento Cámara de Conservación.

<i>Datos Ambientales</i>		
	<sup>o</sup> C	<sup>o</sup> F
Temperatura exterior	35	95
Temperatura interior	-12	10,4
<i>Humedades relativas</i>		
Humedad relativa (Exterior)	80%	
Humedad Relativa ( Interior)	70	

Cálculo de la carga de calor por transmisión – Q.

La temperatura exterior de la pared N° 1 como es interior se toma a la temperatura de diseño del interior de la Cámara de congelación (-18 °C).

La Q se obtiene de la expresión (3.1).

Tabla 1.25- Cargas de trasmisión de calor total.

Carga total de transmisión de calor	Resultado (Btu/24hr)
$Q_{ttc}=Q_{p1}+Q_{p2}+Q_{p3}+Q_{p4}+Q_{piso}+Q_{techo}$ a 10,4 F	738,501518

Cálculo de la Ganancia de calor por infiltración de aire exterior.

Las ganancias por infiltración de aire se calculan a partir de la expresión (3.4)

$$QI = V \times CA \times CR \quad (3.4)$$

Donde:

V = Volumen expresado en (pie<sup>3</sup>)

CA= Flujo de aire expresado en (pie<sup>3</sup>/24hor)

CR= Factor de uso de la cámara expresado en (Btu/pie<sup>3</sup>)

De acuerdo a lo establecido por Copeland [21] cuando se trata de una cámara de uso frecuente el factor de uso de la cámara se duplica. Para el caso nuestro las infiltraciones de aire debido al factor de uso de la cámara son elevadas.

Tabla 1.26- Resultados de las cargas térmicas por infiltración de aire exterior

Cálculo para conocer la infiltración del aire				
Cargas por infiltración de aire.	V (pie <sup>3</sup> )	CA (pie <sup>3</sup> /24hor)	CR (Btu/pie <sup>3</sup> )	Resultado (Btu/24hor)
$QI = V \times CA \times CR$	395,048 448	22,5	5,85	51998,25197

### Carga de productos.

Los productos arriban a la cámara desde carros aislados térmicamente, donde el helado posee temperaturas promedio de -10C. De esta manera solo es necesario calcular el calor que aporta el producto por debajo del punto de congelación. De acuerdo a la expresión (3,5) se calcula la carga térmica que aporta el producto.

$$Q_{ppd} = W \times c_i \times (T_f - T_3) \quad (3.5)$$

Donde:

$Q_{ppd}$  = Carga de productos

W = Peso de producto en las libras

$c_i$  = El calor específico por debajo de congelación.

$T_3$  = La temperatura congelación.

$T_f$  = La temperatura Final.

Tabla 1.27- Ganancias de calor por productos.

Carga del Productos en el Interior de la Cámara.						
Productos	W (Lb/24 Hr)	$C_i$ (Btu/lbF)	$T_{dhc}$ (F)	$T_{dhc}$ (F)	$T_D$ (F)	$Q_{pdpc} = W * C_i * (T_D) \text{Btu}/24\text{hr}$
Helado	1200	0,45	14	10,4	-3,6	-1944

### Cargas suplementarias.

$$Q_{ts} = Q_i + Q_{me} + Q_p \quad (3.6)$$

Donde:

$Q_{ts}$  = Carga total suplementaria

$Q_i$  = Cargas por iluminación

$Q_p$  = Cargas por personas

$Q_{me}$  = cargas por motores eléctricos

La tabla 1.28 muestra las ganancias de calor suplementarias.

Tabla 1.28- Cargas suplementarias.

Carga Total Suplementarias				Resultado(Btu/día)
$Q_{ts}=Q_{ib}+Q_{me}+Q_{cp}$ a $-0,4$ F				11408,47

Carga total de la cámara.

Según la fórmula (3.8) tenemos:

$$Q_{tc}=Q_{ttc}+Q_i+Q_{tpa}+Q_{ts} = 62201,223 \text{ (BTUH/24Hr)} = 18,213 \text{ kWhr / 24hr.}$$

Teniendo en cuenta que 1 tonelada de refrigeración = 12000 BTU/hr.

$$Q_{tc}= 0.323 \text{ Toneladas de refrigeración en conservación.}$$

3.8.2.6- Selección del equipamiento necesario según el redimensionamiento de la cámara refrigerada.

La potencia eléctrica del moto-compresor, necesaria para congelación ahora es de 0,48 Hp [22]

La potencia eléctrica comercial más cercana es de 0,5 Hp.

La potencia eléctrica del moto-compresor necesaria para conservación ahora es de 7,5 Hp. (Catálogo de la BITTZER).

La potencia eléctrica comercial más cercana es de 7,5 Hp.

Consumo real que se obtiene.

$$\text{Consumo total} = (\text{Pot. Cong.} * 18 \text{ hr} + \text{Pot. Conserv.} * 16 \text{ hr}).$$

$$\text{Consumo total} = (0,5 \text{ Hp} * 0,746 \text{ kW/HP} * 18 \text{ hr} + 7,5 \text{ Hp} * 0,746 \text{ kW/HP} * 16 \text{ hr})$$

$$\text{Consumo total} = 6,714 \text{ kWh/ Día} + 89,52 \text{ kWh/Día.}$$

$$\text{Consumo total} = 96,234 \text{ kWh/Día} * 365 \text{ Días}$$

Consumo total = 35125,41 kWh/año.

Ahorro de Energía por diferencia de Consumo Energético (EA).

EA= Consumo inicial - Consumo final

EA= 11,646 kW\* 18 hr \* 365 Dias - 35125,41 kWh/año.

EA= 76514,22 kWh/año - 35125,41 kWh/año.

EA= 41388,48 kWh/año.

Representa el 52% de la energía del año.

Valoración Ambiental.

$$RI = EA \cdot e_{CO_2}, \frac{kgCO_2}{año} \quad (3.14)$$

donde:

RI = Reducción del impacto ambiental asociado;  $\frac{kgCO_2}{año}$

EA = Energía ahorrada;  $\frac{kWh}{año}$

$e_{CO_2}$  = índice de emisiones;  $\frac{kgCO_2}{kWh}$

Cálculo de la cantidad de kg CO<sub>2</sub> que se desprende durante el proceso de combustión.



De acuerdo al contenido de carbono que posee el petróleo crudo cubano: 0,81

$\frac{kgC}{kgPetróleo}$ , utilizado en las termoeléctricas de Cuba [25].

$$3,67 \frac{kgCO_2}{kgC} \times 0,81 \frac{kgC}{kgPetróleo} = 2,97 \frac{kgCO_2}{kgPetróleo} \quad (3.17)$$

$$2,97 \frac{kgCO_2}{kgPetróleo} \times 0,310 \frac{kgPetróleo}{kgCO_2} = 0,921 \frac{kgCO_2}{kWh} \quad (3.18)$$

$e_{CO_2} = 0,921 \frac{kgCO_2}{kWh}$ , según tipo de combustible quemado en las termoeléctricas de Cuba [25]., [26].

$$E_i = 41388,48 \frac{kWh}{año} \times 0,921 \frac{kgCO_2}{kWh} = 38118,79 kgCO_2/año \quad (3.19)$$

E<sub>i</sub> → Efecto ambiental indirecto

### Costo de la modificación propuesta en la cámara.

#### Gastos en Materiales y Materiales de Soldadura durante la instalación.

Para acometer la propuesta constructiva se hace necesario seccionalizar la cámara original por medio de una pared interior (Tabique), del mismo material del cual está construida la cámara atendiendo a su disponibilidad en el mercado, y su costo.

El costo total de los materiales se determina teniendo en cuenta el precio de adquisición, su peso específico y el consumo de unidades. En la Tabla 1.29 aparecen los gastos por concepto de materiales.

Tabla 1.29- Gastos por concepto de materiales.

<i>Gasto en Materiales.</i>							
Materiales							
Material	Cantidad	Precio Unitario			Gastos en materiales		
		CUC/u	MN/u	CUP/u	CUC	MN	CUP
Plancha de poliuretano de 4 “	6 m <sup>2</sup>	35	13	48	210	78	288
Angulares	12 m	7	2.35	9.35	96	16.45	112,45
Rosca chapas	200 (U)	0.20	0.05	0.25	40	10	50
Gasto total en materiales					346	104,45	450,45

### Gastos en salarios.

El gasto en salarios depende de la categoría y el número de horas de trabajo de cada uno de los técnicos y obreros que participan en la producción. El salario horario incluye el 9,0909 % correspondiente a vacaciones y el 14 % correspondiente a seguridad social. En la Tabla 1.30 se muestran estos gastos.

Tabla 1.30- Gasto en salarios.

Tabla 3.7 Gastos en Salario.						
Operario	Salario (pesos/hr)	tiempo (hr)	Salario (pesos)	vacaciones (pesos)	Seguridad Social. (CUP)	Gastos salarios ( CUP)
técnico de refrigeración	2.16	5	10.80	1.37	2.31	14.48
Pailero	1.14	2	2.28	0.21	0.35	2.84
Ayudante del Técnico.	0.88	4	3.52	0.56	0.941	5.02
Gasto total en salarios						22,34

Tabla 1.31- Precio de Unidades condensadora (U/Cond.).

Precio de los compresores de acuerdo a su capacidad		
Tipo de (U/Cond.)	Precio (CUC)	Vida útil (horas)
U/Cond. de 7,5 HP	2974,52	1789,20
U/Cond. de 0,5 HP	634,12	1300,00

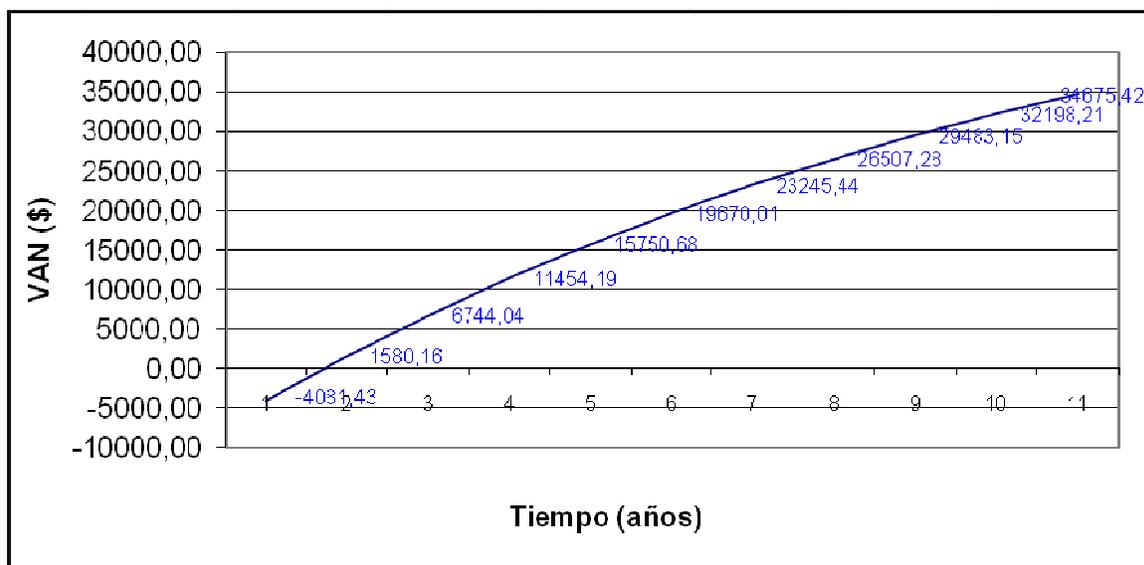
### Precio total de la modificación.

Gasto total= Gastos en Materiales+ Gastos de Salario+ Gasto en Equipamiento

Gasto total = 450.45 + 22.34 + 3608,64= 4081,43 CUP.

## Análisis económico

Este análisis se realiza mediante el cálculo del Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno.



Como puede apreciarse el valor presente neto para la propuesta es de 34675,42 CUP y el flujo de efectivo acumulado se torna positivo en el primer año. De acuerdo con estos resultados esta inversión resulta muy atractiva.

### 3.5- Conclusiones Parciales:

- 1- La aplicación de las herramientas de gestión energética al Coppelia Prado demuestran que en la cámara refrigerada es donde se produce el mayor consumo energético del centro, con un total de 364,6 kWh diario, representando el 89,9 % del consumo total de energía.
  
- 2- Para la evaluación de la situación energética de la empresa se realizó un diagnóstico energético preliminar en las áreas de cámara frigorífica y el sistema eléctrico, detectándose como un principales deficiencias:
  - Prácticas poco eficientes en la explotación de las cámaras frigoríficas: apertura de las puertas por un tiempo prolongado, desaprovechamiento del volumen útil del interior del recinto, temperatura de consigna fuera de norma, etc.
  - Bajo factor de potencia (en el orden de 0,75) por lo que se reciben penalizaciones de la Empresa Eléctrica.
  
- 3- A partir de los resultados del diagnóstico se determinaron las principales oportunidades de ahorro y uso racional de la energía en la instalación, las que se desarrollaron en los correspondientes proyectos de mejora con su correspondiente evaluación técnico-económica:
  - Mejora del factor de potencia. Instalación de un banco de capacitores
  - Recálculo y ajuste de la capacidad de enfriamiento necesaria.
  - Rediseño del sistema constructivo de la cámara de refrigeración y estrategia de almacenamiento.
  
- 4- El proyecto de mejora del factor de potencia resultó en la selección de un banco de capacitores de las siguientes características: 5 KVARc, Ø3, 230v,

Modelo MKP/TC. De acuerdo con los resultados de la evaluación económica esta inversión resulta muy atractiva (valor presente neto de 22350,16 CUP y flujo de efectivo acumulado positivo en el primer año).

- 5- Del proyecto de mejora recálculo y ajuste de la capacidad de enfriamiento necesaria se obtuvo como principal resultado la posibilidad de reducir la capacidad de refrigeración total actual de 3,42 ton (1,71 ton x 2 unidades) hasta 0.5 ton (considerando un factor de seguridad y los valores de capacidad estandarizados en la red comercial). Ello representa un ahorro potencial de 154,08 kWh/día y 13774,15 CUP/año con un efecto ambiental de reducción de emisiones de 51796,3  $kgCO_2$ /año; todo ello sin realizar inversiones.
  
- 6- Con el proyecto rediseño del sistema constructivo de la cámara de refrigeración y estrategia de almacenamiento se logra un mayor acercamiento a las normas de construcción establecidas para alcanzar una mayor eficiencia energética en cámaras refrigeradas, disminuir las infiltraciones de aire exterior y los gastos asociados. Se obtienen menores consumos energéticos con la utilización de moto-compresores de menores potencias eléctricas, un ahorro de energía respecto al caso base de 41388,48 kWh/año y una reducción del impacto ambiental de 38118,79  $kgCO_2$ /año. La valoración económica también resulta satisfactoria (VAN= 34675,42 CUP y el flujo de efectivo acumulado se torna positivo en el primer año).

## Conclusiones Generales:

1. Dentro del sector de los servicios, los establecimientos gastronómicos representan una parte fundamental del consumo energético debido al número extenso de unidades, su dispersión geográfica, variedad de equipamiento, funciones y horarios de trabajo y condiciones tecnológicas. Dentro de ello los sistemas de refrigeración están catalogados como grandes consumidores de energía.
2. La Empresa Municipal de Gastronomía de Cienfuegos dirige la actividad de 114 unidades gastronómicas agrupadas en 4 tipos fundamentales: cafeterías, restaurantes, centros recreativos y coppelias. Al estratificar el consumo de electricidad en las mismas se determinó que el mayor consumo corresponde al Coppelia Prado con un 12 % del consumo total, teniendo por tanto una incidencia significativa en los gastos totales de la empresa. La aplicación de las herramientas de gestión energética al Coppelia Prado demuestran que en la cámara refrigerada es donde se produce el mayor consumo energético del centro, con un total de 364,6 kWh diario, representando el 89,9 % del consumo total de energía.
3. El diagnóstico energético realizado en el Coppelia Prado permitió identificar como principales deficiencias: Prácticas poco eficientes en la explotación de las cámaras frigoríficas: apertura de las puertas por un tiempo prolongado, desaprovechamiento del volumen útil del interior del recinto, temperatura de consigna fuera de norma, etc y bajo factor de potencia (en el orden de 0,75) por lo que se reciben penalizaciones de la Empresa Eléctrica.
4. A partir de los resultados anteriores se determinaron las principales oportunidades de ahorro y uso racional de la energía en la instalación, las que se desarrollaron en los correspondientes proyectos de mejora con su correspondiente evaluación técnico-económica:
  - Mejora del factor de potencia. Instalación de un banco de capacitores

- Recálculo y ajuste de la capacidad de enfriamiento necesaria.
  - Rediseño del sistema constructivo de la cámara de refrigeración y estrategia de almacenamiento.
5. El proyecto de mejora del factor de potencia resultó en la selección de un banco de capacitores adecuado a las condiciones de la instalación y la evaluación económica de esta inversión mostró resultados muy atractivos (valor presente neto de 22350,16 CUP y flujo de efectivo acumulado positivo en el primer año).
  6. El proyecto de mejora recálculo y ajuste de la capacidad de enfriamiento necesaria demostró la posibilidad de reducir, sin realizar inversiones, la capacidad de refrigeración total actual de 3,42 ton hasta 0.5 ton, lo que representa un ahorro potencial de 154,08 kWh/día y 13774,15 CUP/año con un efecto ambiental de reducción de emisiones de 51796,3  $kgCO_2$ /año;
  7. El proyecto rediseño del sistema constructivo de la cámara de refrigeración permite una estrategia de almacenamiento del producto mas racional, un ahorro de energía respecto al caso base de 41388,48 kWh/año y una reducción del impacto ambiental de 38118,79  $kgCO_2$ /año. La valoración económica también resulta satisfactoria.

## Recomendaciones

1. Extender la gestión energética como herramienta de ahorro de energía a las demás unidades de la empresa Gastronómica de la provincia de Cienfuegos.
2. Sustituir en la medida que sea posible las tecnologías obsoletas utilizadas en la elaboración, y conservación de alimentos que conducen a exagerados consumos energéticos del sector gastronómico cubano.
3. Implementar las medidas de ahorro energéticos sugeridas en el trabajo relacionadas con modificaciones en las cámaras de refrigeración del coppelia, teniendo las normas de conservación y calidad del helado, y hacerlo extensivo a las demás unidades del territorio con características similares.

## Referencias Bibliográficas

- [1] K. t. C., W. Yu., "Energy Signatures for Assessing the Energy Performance of Chiller", University of Hong Kong, China, Energy and Buildings, Vol. 37. Octubre 2004.
- [2] Gestión Energética Empresarial Centro de Estudio de Energía y Medio Ambiente. Universidad de Cienfuegos, Cuba. Aníbal Borroto, Colectivo de Autores: .Universidad de Cienfuegos.
- [3] Montelíer Hernández, S. Reducción del Consumo de Energía en Sistemas de Climatización Por agua helada. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias, Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba, 2008, p. 98.
- [4] L. H. López., "Predicción del consumo energético del Hotel Jagua aplicando la simulación termodinámica y la inteligencia artificial", Tesis en opción al grado de Máster en Ciencias, Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba, 2006, p. 80.
- [5] C.E.E.M.A. Universidad de Cienfuegos., "Gestión Energética en el Sector Productivo y los Servicios", Cienfuegos: Editorial Universidad de Cienfuegos, 2006.
- [6] A. Xinxua., "Subida de precios del petróleo y de los alimentos". Beijing, China. Disponible: <http://www.xinxuanet.com>. Visitado: Septiembre 2008.
- [7]. AEDENAT., "Cambio Climático y Energía", Utopía, España. Disponible: <Http://.www.uplqc.es/otros/asoc>. Visitado: Junio 2008.
- [8]. M. d. I. I. Básica., "La Revolución Energética. Resultados y Perspectivas", Habana, Cuba, 2008.
- [9]. A. García., "Diagnóstico de la economía energética nacional y la estrategia desde la óptica del uso racional de la energía", INIE, Cuba, 2000.
- [10]. González Francés, J., "Desarrollo del sector energético en Cuba", en Revista Energética (OLADE), Vol. 3, 2001, pp. 7-18.
- [11] "Informe del Grupo Nacional de Eficiencia Energética", La Habana, Cuba. Mayo, 2007.
- [12] Discurso pronunciado por el General de Ejército Raúl Castro Ruz, en la clausura del IV periodo ordinario de sesiones de la Asamblea Nacional del Poder Popular. Diciembre. 2010.
- [13]. Cuba aplica cinco programas de eficiencia energética. [www.recursosnorenovables.gov.ec](http://www.recursosnorenovables.gov.ec). Visitado Enero. 2009

- [14] Cengel, Yunus A. and Turner, Robert. *Fundamentals of Thermal Fluid Sciences*. McGraw Hill. 2001. Pág. 229 – 233. *Refrigeration Cycles*. [www.ku.edu.np/mech/Tutorials/MEPP403PPT1.pdf](http://www.ku.edu.np/mech/Tutorials/MEPP403PPT1.pdf), Visitado Enero 2009.
- [15] Manual de Eficiencia Energética en Refrigeración y Climatización (IRC) Instituto de refrigeración y climatización. (NE-002): Refrigeración “Cámaras frigoríficas “Requisitos técnicos para sus dimensiones. 2005
- [16] Cengel, Yunus A. and Turner, Robert. *Fundamentals of Thermal Fluid Sciences*. McGraw Hill. 2001. Pág. 229 – 233.
- [17] R. V., Juan Landa., "Estimadores Cuantitativos de la Emisión de Contaminantes Atmosféricos Por Combustión del Petróleo Crudo Cubano y su Efecto Económico", Energética, Vol. 2, 2004.
- [18] NC- 453 /2006 – Exigencias de las temperaturas en los alimentos.
- [19] NC- 492/ 2009 – Peligros en alimentos, sus consecuencias y prevenciones.
- [20] Guía de elaboración de helados. [www.alimentosargentinos.gov.ar](http://www.alimentosargentinos.gov.ar). Visitado Enero 2009.
- [21] Copeland Corporation, Load Calculation. 1980.
- [22] White, Lawrence; Profesor Titular, NBCC, St. Andrews, Canadá. Comunicación personal.
- [23] DOSSAT, Roy J. *Principios de Refrigeración*. CECOSA. 1991. pp. 227, 273, 293, 315, 349, 365, 401 y 475., 2000.
- [24] D.O.E. Washington., "DC 20585 Environmental Protection Agency Washington DC .20460 ". Vol. DC 20460, E. P. A. Washington, 2000
- [25] CEEMA, Cálculo VAN-TIR, 2000. Universidad de Cienfuegos, CUBA.
- [26] Revista Bohemia. Sección en Cuba. <http://www.cubasi.cu>, visitado Mayo 2010.

## Bibliografía

- Agencia Valenciana de Energía (AVEN). Guía de ahorro y eficiencia energética en establecimientos hoteleros de la comunidad de Valencia. <http://www.aven.es>
- ASHRAE, "Improving the Efficiency of Chilled Water Plants - Avery", Gil ASHRAE, Mayo. 2001
- Betanzos, Miguel. Proyecto de ahorro de energía Hotel Fiesta América Mérida. ATPAE. Pág. 133-140
- Boletín IDAE: Eficiencia energética y energía renovable: #8, Octubre 2006. E-mail: [comunicación@idae.es](mailto:comunicación@idae.es).
- Campos Avella, Juan. C. Tecnología de administración energética empresarial. CEEMA.
- Colectivo de autores: Gestión Energética Empresarial. CEEMA (UCF), Cienfuegos, 2002.
- Colectivo de autores: Método Simplificado para predecir la demanda anual de energía en sistemas de climatización en edificaciones. Facultad de ingeniería mecánica. Universidad Central de Las Villas.
- Corp Linares, Sergio: Energía e indicadores de desarrollo energético sostenible. E-mail: <http://www.cubasolar.cu>.
- D. R. Wulfinghoff., "Manual de Eficiencia Energética", Atlanta Georgia, EUA, 2000, p. 1536.
- Estudio de las relaciones entre la eficiencia energética y el desarrollo económico: Programa de estudios e investigaciones en energía para la sociedad alemana para la cooperación técnica (GTZ): Santiago, Julio 2003.
- González García, Juan Manuel. Sistema de gestión integrada de servicio energético. Gestión de hoteles. Sep.- octubre-1999. Pág. 7-14.
- González Jordán, Roberto Libro "Ahorro de energía en Cuba". 1986.
- K. T. Chan., "Condensing temperature control to enhance efficiency of air cooled chillers," Building Service Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China, Vol. 25, 2004, pp. 279-294.
- Maldonado Vargas, Angélica. Experiencias y Resultados de Proyectos de Ahorro de Energía Eléctrica en la Industria.

- O.N.E. "Estadísticas Seleccionadas en Cuba", Anuario Estadístico de Cuba. , 2004.
- Pérez Ajo, Pablo. Desarrollo Sistemas automáticos, CEDAI, Santiago de Cuba.
- Ramos Miembro, Gaudencio. Impacto en el consumo de energía eléctrica de equipos y aparatos en estado de espera. Boletín. Ene-Feb. 2000. 10 Pág.
- Revista Energía y tú. Cubasolar. 2008, no.42.
- Revista Cuba- 2/2008- Publicación Oficial de la Cámara de Comercio de Cuba.
- Revista Hoteltur Nro: 160 – España, Junio 2007.
- Revista Tendencias de los mercados turísticos: Las Américas, mayo 2001, ed. Provisional. OMT, España.
- Revista Visión CIDTUR (Centro de Información y Documentación turísticas), Año 10, No. 2, junio 2008.
- T. Hartman., "The Hartman LOOP Chiller Plant Design and Operating Technologies. Improve Chiller Plant Efficiency", Atlanta, Georgia, EUA. Disponible: <http://www.automatedbuildings.com>.
- T. Ross., "Central Cooling and Heating Washington Quorum". Disponible:[http://webapp.dpor.state.va.us/articles/central heating cooling. htm](http://webapp.dpor.state.va.us/articles/central%20heating%20cooling.htm).
- TECNECLIMA., "Climatización y Eficiencia Energética". Buenos Aires, Argentina, 2005.
- Triana Cordoví, Juan. La economía cubana 1999. [www.cubasi.cu](http://www.cubasi.cu)