

*Aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en el servicio eléctrico Cámara 1 de la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos (UMCC).*



Universidad de Matanzas

“Camilo Cienfuegos”

Facultad de Ingeniería Química y Mecánica.

Departamento de Química e Ing. Química

**TITULO:**

**Aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en el servicio eléctrico Cámara 1 de la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos (UMCC).**

*Trabajo presentado en opción al título de Ingeniería Química*

**Autor:**

**Shaven Kenu Hendricks**

**Tutor:**

**Ing. Alicia López Rodríguez**

**Matanzas 2008-2009**

*“Año del 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución”*

**TRABAJOS DE DIPLOMADO**

# *Nota de aceptación*



# *Declaración de autoridad*

## DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

---

---

Declaro que soy el único autor de este Trabajo de Diploma, que lleva por título “Aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en el servicio eléctrico Cámara 1 de la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos (UMCC).”, por lo que autorizo a la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” a hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

---

Shaven Kenu Hendricks

Autor

---

Ing. Alicia López Rodríguez

Tutora

*Aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en el servicio eléctrico Cámara 1 de la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos (UMCC).*

# *Pensamiento*

## PENSAMIENTO

---

---

Con Dios de guía se puede lograr lo mejor.

Ardenne High.

Porque en Dios vivimos, nos movemos y existimos; como también algunos de los poetas de ustedes dijeron: "somos descendientes de Dios."

Hechos 17:28 (La Santa Biblia).

With God as guide we seek the best.

Ardenne High.

For in Him we live and move and have our being; as certain also of your own poets have said, for we are also his offspring.

Acts 17:28 (The Holy Bible).

*Aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en el servicio eléctrico Cámara 1 de la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos (UMCC).*

# *Dedicatoria*

## DEDICATORIA

---

---

Dedico este trabajo principalmente a mi Señor y Salvador Jesucristo porque él es mi fortaleza y mi existencia y todos mis éxitos están en él para siempre.

- A la revolución y a nuestro comandante en Jefe Fidel Castro Ruz por la oportunidad tan gloriosa de intercambiar con Cuba, mi país para siempre.
- A mis padres Ethlyn Hendricks y Louis Hendricks que tanto apoyo, amor y cariño me han brindado durante mi vida. Si no fuera por ellos yo no pudiera llegar a este punto de mi vida.
- A mis hermanos que me han apoyado en los momentos difíciles.
- A mis amigos que con su optimismo y apoyo constante han propiciado que el camino sea menos difícil por ejemplo Roscoe McDonald y Clayon Blake, Lennox Lyte Rankin y su esposa.
- A los profesores que con sus enseñanzas han permitido que cada día me adueñe de nuevos conocimientos especialmente a las profesoras Dra. Josefina Del Carmen Hernández, Dra. Lilian Couriel, e Ing. Irina Pedroso MsC.

*Aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en el servicio eléctrico Cámara 1 de la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos (UMCC).*

# *Agradecimientos*

## AGRADECIMIENTOS

---

---

El hecho que estoy vivo hoy, le doy gracias y agradezco aunque no hay palabras adecuadas para bien expresar realmente mis sentimientos a Dios.

Agradezco a la Revolución Cubana por la posibilidad de poder superarme profesionalmente y de realizar este trabajo.

Gratifico a mi tutora la Ing. Alicia López Rodríguez por su apoyo incondicional en toda mi investigación y por guiarme y apoyarme en la realización de este trabajo.

La ayuda prestada por todos mis compañeros de estudio, así como Lennox Lyte Rankin y su esposa, Duniel García Pérez, Lloyd Lyncoln Bandoo, Dan Marcos Díaz de La Fe, Lionel Folkes, LLeewelyn Benjamin, Norville Belvett, Ricardo Gomes, Hermann Nkombe etc.

A las niñas cubanas de mi aula mis amigas para siempre Caridad, Dailys y Yaneysy.

Si no fuera por los profesores que me brindaron sus conocimientos y experiencia no sería el profesional que soy hoy así que un agradecimiento especial a todo de ellos. Muchas gracias por soportarme en los tiempos insoportables.

## RESUMEN

---

---

Una de las principales prioridades del mundo es el ahorro del consumo eléctrico, Cuba no está alejado de esto; se han trazado direcciones de trabajo. En la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” (UMCC) se trabaja en este sentido. La cámara 1 de la UMCC da servicio a las siguientes cargas: Edificio de Idiomas, Edificio de laboratorios de suelos, CICT, Rectorado y Motel. Según los resultados de las investigaciones hechos por García Osvaldo, et al (2008), su consumo eléctrico representa aproximadamente un 26 % del consumo eléctrico total de la UMCC y ha ido aumentando cada vez más en los últimos años, de ahí se origina la necesidad de este estudio, ya que incide de manera apreciable en el consumo total del Centro para lo cual se aplica la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la energía en este servicio. En el trabajo se realiza un diagnóstico energético de las cargas eléctricas de la cámara en el presente curso escolar y se compara con el diagnóstico realizado en el curso 2006-2007, se determina el ahorro ocasionado por la aplicación de la medida del cambio de lámparas de 40W, se evalúan los sistemas de climatización de los 5 laboratorios de computación determinándose que fueron mal seleccionados y se realiza una propuesta de sustitución de los mismos. Se proponen medidas para ahorrar energía como resultados de la aplicación de Tecnología de Gestión Total Eficiente de la energía en el servicio eléctrico.

## SUMMARY

---

---

One of the world's principal priorities is to save back on energy consumption; Cuba is not exempted from such. In the University of Matanzas 'Camilo Cienfuegos' (UMCC) work is being done to this end. The region 1 gives services to the following charges: The Language Building, Soils Laboratories building, CICT, the Administration building and the Motel. According to the results of the investigations carried out by Osvaldo, et al (2008), its electric consumption represents a 26 % of the total consumption of the UMCC and has been increasing each time over the last years, it is from such the need for this study arose, given that the total consumption of the Center is of grave importance and extra consumption will result negatively on the body itself. In this work an energy diagnosis was brought out in the various segments of region 1 in the present school year which was compared to the 2006-2007 school year, the determination of the energy saved from the changing of the 40W bulbs was done, the cooling systems of the 5 computer laboratories were evaluated which determined that they were badly selected thus the substitution of the same was proposed. Measures to save on energy were proposed as resulted from the application of the Administration of the Technology of Total Electrical Energy Efficiency.

TABLA DE CONTENIDO

---

---

	Páginas
Introducción	1
Problema Científica	3
Hipótesis	4
Objetivos	4
<b>CAPITULO I “ANALISIS BIBLIOGRAFICO”</b>	5-25
1.1 La eficiencia energética	5
1.1.1 La Gestión Energética.	5
1.2 Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE)	6
1.2.1 Indicadores Eficiencia energética.	6
1.2.2 La importancia de elevar la eficiencia energética	7
1.3 Cuáles son los elementos que componen un Sistema de Gestión Energética	7
1.3.1 Cómo se implementa un sistema de gestión energética	8
1.4 Aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos	9
1.5 Determinación de los Puestos Claves en la Universidad	10
1.5.1 Caracterización de la Gestión Energética en el servicio eléctrico Cámara N° 1	11

1.6 Climatización	11
1.6.1 Aplicación de Aires acondicionados	12
1.6.1.1 Problemática actual de la climatización	14
1.6.2 Clasificación de los sistemas de climatización	16
1.7 Ahorro de energía en sistemas de refrigeración y climatización	17
1.7.1 Sistemas de compresión mecánica	18
1.7.2 Indicadores Energéticos fundamentales de un ciclo de refrigeración por compresión de vapor.	20
1.7.3 Oportunidades de ahorro de energía en los sistemas de refrigeración industrial	21
1.7.4 Reducción de la carga térmica de refrigeración a satisfacer por el sistema	22
1.7.5 Principales medidas para aumentar la eficiencia de los sistemas de refrigeración y climatización	23
1.7.6 Particularidades del ahorro de energía en los diferentes sistemas de climatización	23
1.8 Conclusiones parciales	25
<b>CAPITULO II : “METODOLOGIA DE CÁLCULO”</b>	26-57
2.1 Caracterización de los consumidores eléctricos de la Universidad de Matanzas “ Camilo Cienfuegos ” (UMCC).	26
2.2 Estrategia de la Investigación.	27
2.3 Análisis de los consumos eléctricos de la Cámara 1.	27

2.4 Diagnóstico Energético en la Cámara 1.	31
2.5 Evaluación del Sistema de climatización de los laboratorios de Informática.	39
2.5.1 Método ABC del cálculo de frigorías.	39
2.5.2 Descripción de los locales de los Laboratorios de Computación	42
2.5.3 Análisis de la eficiencia energética en los laboratorios de computación.	47
2.5.3.1 Diagnostico de educación energética de los usuarios de los laboratorios.	47
2.5.3.2 Cálculo de la carga térmica de cada local utilizando el método ABC.	49
2.5.3.3 Selección del equipo de Climatización.	50
2.5.4 Análisis Económico para seleccionar la variante para el laboratorio 2	52
2.5.4.1 Calculo del Costo del Ciclo de la Vida (CCV) para la variante 1	54
2.5.4.2 Calculo del CCV para la Variante 2.	55
2.6 Conclusiones parciales	57
<b>Capítulo III "ANÁLISIS DE RESULTADOS"</b>	<b>58-77</b>
3.1 Análisis de los resultados de los consumos eléctricos de la Cámara 1.	60
3.2 Análisis del diagnóstico	65
3.2.1 Cambio de las lámparas de 40 W.	67
3.3 Análisis de los resultados de evaluación de sistema de climatización	69
3.4 Análisis de la educación energética de los usuarios de los laboratorios.	69
3.4.1 Resultados de la Encuesta	72

3.5 Análisis de la Selección del equipo de Climatización	72
3.6 Valoración ambiental del uso del refrigerante R-22	72
3.6.1 Características del R-22	73
3.7 Medidas de ahorro propuestas.	74
3.8 Conclusiones parciales	77
Conclusión	78
Recomendaciones	79
Bibliografía	80
Anexos	84-126

## **INTRODUCCIÓN**

---

---

Hoy en día el mundo está combatiendo contra el gasto de energía y el problema de ahorrar es una preocupación general, pues la necesidad de buscar otras alternativas es de prioridad para todos, principalmente las industrias que tienen entre sus objetivos la conservación de los recursos y el bienestar de la Tierra.

La presión sobre el uso de los recursos, en especial los energéticos y los hídricos, obliga a utilizarlos cada vez de manera más racional y eficiente. La tendencia al encarecimiento de la energía y al agotamiento de los recursos hídricos, está presionando social y económicamente a la humanidad. Los más afectados son los países con menos recursos, pues la presión no es proporcional al desarrollo económico. (Rodríguez Castellón, 2002)

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

El desarrollo actual y prospectivo del país requiere de acciones encaminadas a reducir costos, aumentar la competitividad de las empresas, contribuir a la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, ante una economía cada vez más abierta y globalizada (Campos Avella, 1999). Los análisis realizados en numerosas empresas ponen de manifiesto el insuficiente nivel de gestión energética existente en muchas de ellas, así como las posibilidades de reducir los costos energéticos mediante la creación en las empresas de las capacidades técnico organizativas para administrar eficientemente la energía (Colectivo de autores, 2002).

La eficiencia energética en el ámbito empresarial implica lograr un nivel de producción o servicios, con los requisitos de calidad establecidos por el cliente, con los menores consumos y costos energéticos posibles, y la menor contaminación ambiental por este concepto. La elevación de la eficiencia energética puede alcanzarse por dos vías fundamentales, no excluyentes entre sí: mejor gestión energética y buenas prácticas de consumo, de operación y mantenimiento, y mediante nuevas tecnologías y equipos de alta eficiencia en remodelaciones de instalaciones existentes o en instalaciones nuevas. Cualquiera de las dos permite reducir el consumo de energía, pero la combinación de ambas es lo que posibilita alcanzar el resultado óptimo (Colectivo de autores, 2002). En el Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía, aprobado por la Asamblea Nacional del Poder Popular en 1993, se valora que entre un 5 y 10 % del ahorro del consumo de portadores del país podría lograrse mediante el incremento de la eficiencia energética, fundamentalmente a través de medidas técnico - organizativas, y con inversiones recuperables en menos de 1.5 años.

El Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA), perteneciente a la Universidad "Carlos Rafael Rodríguez" de Cienfuegos, ha desarrollado la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE), la que tiene como objetivo central crear en las empresas y unidades presupuestadas las capacidades técnico organizativas propias para administrar eficientemente la energía, posibilitando el mejoramiento continuo de la eficiencia, la reducción de los costos energéticos y del impacto ambiental asociado al uso de la energía (Colectivo de autores, 2002).

La TGTEE consiste en un paquete de procedimientos, herramientas y software especializado, que aplicadas de forma continua, con la filosofía y principios de la gestión total de la calidad, permiten establecer en una empresa o unidad presupuestada nuevos hábitos de dirección, control, diagnóstico y uso de la energía, dirigidos al aprovechamiento de todas las oportunidades de ahorro y conservación de la energía, y a la reducción de los costos energéticos y la contaminación ambiental asociada.

En la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” se viene realizando hace unos años estudios con el objetivo de la reducción del consumo de energía en la misma, existiendo una gran preocupación al respecto y realizándose un trabajo sostenido por la eficiencia energética. Desde el comienzo de esta tarea la UMMC se encuentra vinculada con el Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) de la Universidad de Cienfuegos y es responsable de la misma el Centro de Estudios de Combustión y Energía (CECYEN) de la Facultad de Ingenierías Química y Mecánica.

Como parte de este trabajo, se han definido las diferentes Áreas Claves de la Universidad, dentro de los que se encuentran los servicios eléctricos mayores, siendo uno de ellos el servicio Cámara N° 1 (García, 2005).

Esta Cámara da servicio a las siguientes cargas en la UMCC: Edificio de Idiomas, Edificio de laboratorios de suelos, CICT, Rectorado y Motel.

Según Ruffín 2006, el consumo eléctrico de esta cámara representa aproximadamente un 26 % del consumo eléctrico total de la UMCC y ha ido aumentando cada vez más en los últimos años; de ahí la necesidad de un estudio en la misma, ya que incide de manera apreciable en el consumo total del Centro y por lo tanto repercute negativamente en el cumplimiento del presupuesto económico del mismo.

A partir de los aspectos anteriores se formula el siguiente **PROBLEMA CIENTÍFICO:**

**Existe un alto consumo de energía eléctrica en el servicio Cámara N° 1 instalado en la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, el cual incide significativamente en el consumo de electricidad del Centro.**

La aplicación de la TGTEE en la Universidad de Matanzas se encuentra dentro de la política energética a seguir y permitirá a la misma reducir los costos por concepto de energía y de esa forma contribuir al desarrollo del país. (García, 2003)

Todos los elementos anteriormente expuestos dan basamento al desarrollo del trabajo en el que se establece la siguiente hipótesis:

## **HIPÓTESIS**

**Si se aplica la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía se podrá disminuir el consumo de energía eléctrica en la cámara 1 y de esa forma contribuir a la disminución del consumo total del Centro.**

Durante los últimos 10 años se ha continuado trabajando en la aplicación de la TGTEE en diferentes sectores y tipos de empresas, y se ha logrado perfeccionar el sistema a partir de la experiencia y retroalimentación recibida de los grupos de trabajo que han realizado su implementación, incorporando nuevas herramientas y procedimientos.

Para la realización del mismo se plantea el siguiente **OBJETIVO GENERAL**:

**Determinar medidas para la aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía que permitan reducir el consumo de la electricidad en el servicio cámara 1 de la UMCC.**

Para dar cumplimiento al objetivo general se trazan los siguientes objetivos específicos.

1. Relacionar los consumidores instalados al servicio.
2. Determinar la influencia de cada carga sobre el consumo total del servicio y compararlo con los resultados obtenidos para el curso 2006-2007.
3. Realizar diagnóstico energético.
4. Evaluar el sistema de climatización instalado en los laboratorios de Informática.
5. Elaborar plan de medidas evaluadas técnica y económicamente.

## CAPITULO I "ANALISIS BIBLIOGRAFICO"

---

---

Es imprescindible que se definan algunos aspectos que se relacionan con el tema de estudio para poder lograr los objetivos del presente trabajo. En este capítulo se trata de algunos fundamentos teóricos que deben tratarse al hacer un estudio de la aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en el servicio eléctrico.

### **1.1 La eficiencia energética**

Eficiencia Energética implica lograr un nivel de producción o servicios, con los requisitos establecidos por el cliente, con el menor consumo y gasto de energía y agua posible, y la menor contaminación ambiental por este concepto. (CEEMA. 2005)

#### **1.1.1 La Gestión Energética.**

La gestión energética persigue lograr un uso más eficiente de la energía sin reducir los niveles de producción, sin mermar la calidad del producto o servicio, ni afectar la seguridad o los estándares ambientales. (CEEMA 2006)

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

## **1.2 Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE)**

Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE) posibilita el mejoramiento continuo de la eficiencia y la reducción de los costos energéticos en la industria y los servicios.

La TGTEE consiste en un paquete de procedimientos, herramientas y software especializado, que, aplicadas de forma continua, con la filosofía de la gestión total de la calidad, permiten establecer nuevos hábitos de dirección, control, diagnóstico y uso de la energía, dirigidos al aprovechamiento de todas las oportunidades de ahorro y conservación de la energía y a la de los costos energéticos y la contaminación ambiental asociada en una empresa. (CEEMA 2005)

Según CEEMA el objetivo de la TGTEE no es sólo diagnosticar y dejar un programa pero la TGTEE persigue elevar las capacidades técnico-organizativas de la empresa para el mejoramiento continuo de su eficiencia energética

### **1.2.1 Indicadores Eficiencia energética. (CEEMA 2005)**

- Índices de consumo de consumo:
  - Energía consumida / Producción realizada
  - Energía consumida / Servicios prestados
  - Energía consumida / Área construida
- Índices de Eficiencia de Eficiencia:
  - Energía teórica / Energía real
  - Energía producida / Energía consumida
- Índices Económico - Energéticos:
  - Gastos Energéticos /Gastos Totales

- Energía total consumida/Valor de la producción total realizada (Intensidad total realizada (Intensidad Energética)

La Gestión Energética Empresarial posibilita: a la empresa garantizar la calidad de los productos y servicios, reducir costos de producción, elevar su competitividad; al País aplazar los requerimientos de financiamiento para la infraestructura energética, promover nuevas tecnologías y la modernización del sector industrial y de servicios, reducir la importación de bienes de capital para el desarrollo energético y a la sociedad conservar recursos para las futuras generaciones, disminuir las emisiones contaminantes al medio ambiente, Contribuir a la formación de una cultura energética

### **1.2.2 La importancia de elevar la eficiencia energética**

A nivel Global los beneficios de la eficiencia energética son la reducción de las emisiones contaminantes y la contribución al desarrollo sustentable. A nivel de Nación, la conservación de los recursos energéticos límites, la mejora de la seguridad energética. La reducción de las importaciones de energéticos y la reducción de costos que pueden ser utilizados para el desarrollo. A nivel de empresa el incremento de la eficiencia energética reduce las cuentas de energía, incrementa la competitividad, eleva la productividad y las ganancias. (Campos A, 1998)

### **1.3 Cuáles son los elementos que componen un Sistema de Gestión Energética**

Un sistema de Gestión Energética se compone de los siguientes elementos:

- Manual de Gestión Energética: establece las definiciones bases del sistema (política, objetivos, metas) los procedimientos, la estructura y las responsabilidades.
- Planeación Energética: establece y describe el proceso de planeación energética según las nuevas herramientas de planeación del sistema de gestión.

- Control de Procesos: Detalla los procedimientos que serán usados para el control de los consumos y los costos energéticos en las áreas y equipos claves de la empresa.
- Proyectos de Gestión Energética: Se establecen los proyectos rentables a corto, mediano y largo plazo que serán ejecutados para el cumplimiento de los objetivos del sistema de gestión.
- Compra de energía: incluye los procedimientos eficientes para la compra de recursos energéticos y evaluación de facturas energéticas.
- Monitoreo y Control de consumos energéticos: se establecen los procedimientos para la medición, establecimiento y análisis de indicadores de consumo, de eficiencia y de gestión.
- Acciones Correctivas/Preventivas: incluye los procedimientos para la identificación y aplicación de acciones para la mejora continua de la eficiencia y del sistema de gestión.
- Entrenamiento: prescribe el entrenamiento continuo al personal clave para la reducción de los consumos y costos energéticos.
- Control de documentos: establece los procedimientos para el control de los documentos del sistema de gestión.

Registro de energía: establece la base de datos requerida para el funcionamiento del sistema. (Campos A, 1998)

### **1.3.1 Cómo se implementa un sistema de gestión energética (Campos A, 1998)**

La implementación de cualquier sistema de gestión requiere de un método, procedimientos y herramientas que permitan hacerlo de forma efectiva, en el menor tiempo posible y con bajos costos. Esto es necesario porque, como cualquier cambio de hábito en la forma de manejar las cosas, la etapa de implementación debe enfrentarse a barreras que solo pueden ser derribadas o sorteadas con la muestra de

resultados nuevos no alcanzados por las vías tradicionales de enfrentar el problema. Una estrategia común es comenzar con algún área clave de la empresa que sirva de “generación de confianza”, muestra de las potencialidades del sistema y motivación del personal clave.

Generalmente en esta etapa de cambio la empresa requiere ayuda o asesoría externa, la cual debe ser cuidadosamente seleccionada en función de la experiencia que mostrada en la implementación exitosa de este tipo de sistemas en otras empresas y por la estrategia, métodos, procedimientos y herramientas que presente para su desarrollo, compatibles con la cultura gerencial de la empresa. (Campos A, 1998).

#### **1.4 Aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.(García y et al. 2008)**

En la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos “ se trabaja desde hace un tiempo en la tarea de Puestos Claves de la Gestión Total Eficiente de la Energía (PCGTEE), siendo centrado este trabajo por el Centro de Estudios de Combustión y Energía (CECYEN) en coordinación con el Dpto. de Inversiones, el jefe de la Tarea es el Lic. Gregorio Ruffín Quintana y participan en la misma un energético, un asesor y profesores que cursan la maestría en Eficiencia Energética que se encuentran trabajando en los diferentes servicios.

**TABLA 1. Estructura de consumo del centro.**

No	Portador	UM	Consumo 05	Fac.conv.	T.E.P	%
1	Electricidad	KW-H	1353.676	0.374612	507.10	65.3
2	Diesel	T	93.84	1.0534	98.85	12.73
3	Fuel	T	90.08	0.9903	89.21	11.49
4	Gasolina	T	57.49	1.35724	78.03	10.05
5	Gas licuado	T	2.94	1.1631	3.42	0.44
Total					776.61	100.00

Como se observa en la TABLA 1 el mayor porcentaje le corresponde a la electricidad.

### **1.5 Determinación de los Puestos Claves en la Universidad. (García y et al. 2008)**

Para la designación de los Puestos Claves es necesario conocer el concepto del mismo, el cual plantea que los Puestos Claves son el equipo, lugar específico o conjunto reducido de equipos de un proceso que tiene una incidencia determinante en el consumo real de portadores energéticos primarios (electricidad, fuel, diesel, etc.) o secundarios (vapor, aire comprimido, frío)(citado por CEEMA 2006) . Estos tienen un gran peso en el consumo de energía, trabajando sobre la base del consumo anual. Para la determinación de los mismos se analiza cada equipo en orden de prioridad de acuerdo al consumo , para esto se utiliza el Diagrama de Pareto y se seleccionan aquellos que significan no menos del 75-85 % del consumo total (citado por MARTÍN 2006).

Fueron determinados los puestos clave de consumo de electricidad de la UMCC, siendo los mismos los Servicios de Cámara No 1,2,3 y Facultad de Industrial.(Citado por RUFFIN 2006).

### **1.5.1 Caracterización de la Gestión Energética en el servicio eléctrico Cámara N°**

1. (García y et al. 2008), (López, 2007)

El consumo del servicio eléctrico Cámara N° 1 representa aproximadamente el veinticinco por ciento (25 %) del consumo de electricidad total de la Universidad, siendo uno de los mayores consumidores y por lo tanto declarado área Clave de la UMCC, de ahí la necesidad de un estudio en el mismo, ya que incide de manera apreciable en el consumo total del Centro y por lo tanto repercute negativamente en el cumplimiento del presupuesto económico del mismo.

En el curso 2006-2007 se realizó un levantamiento del consumo eléctrico, puesto que no existen metros contadores, en los edificios que conforman la cámara y a partir del diagrama de Pareto se determinan los Puestos Claves en el servicio Cámara N° 1, siendo los mismos: Edificio de Laboratorios de Idioma e Informática, Edificio Laboratorio de Suelos y Edificio del CICT. Se determinan además, para cada uno de los Puestos Claves, los equipos más consumidores.

En este trabajo se determinó que los aires acondicionados son equipos que contribuyen de manera importante en el consumo de electricidad en los puestos claves de la cámara, lo que justifica la evaluación de su funcionamiento.

### **1.6 Climatización (CEEMA. 2005)**

La climatización consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los edificios.

El término confort es en su esencia una cualidad subjetiva, relacionada a la facilidad con la cual el individuo mantiene el balance térmico entre él y sus alrededores, por lo que la principal función del acondicionamiento de aire es mantener, dentro de un espacio o local dado, condiciones de confort, o bien para la conservación de un producto o para un proceso tecnológico, o simplemente mantener un ambiente agradable.

### **1.6.1 Aplicación de Aires acondicionados (CEEMA. 2007)**

Las aplicaciones de aire acondicionado son de tres tipos:

Climatización ordinaria, de interiores o de confort: Todo tipo de aire acondicionado cuya función principal sea la climatización para comodidad del ser humano se denomina aire acondicionado de interiores. Las instalaciones ordinarias de aire acondicionado de interiores se encuentran en los hogares, escuelas, oficinas, iglesias, hoteles, negocios de venta al detalle, edificios públicos, fábricas, automóviles, autobuses, trenes, aviones, buques, etc. De gran importancia puesto que diversos estudios señalan que el 90 % de la actividad humana ocurre en espacios cerrados en países desarrollados.

- Aire acondicionado industrial: Toda climatización que no tenga por finalidad principal el acondicionamiento de aire para comodidad del ser humano se denomina aire acondicionado o climatización industrial. Esto no significa necesariamente que los sistemas industriales de aire acondicionado no puedan servir también para fines de climatización de interiores de manera coincidente con su función principal.

Las aplicaciones de la climatización industrial son casi ilimitadas, tanto en número como en variedad. De manera general, las funciones de los sistemas de climatización industrial consisten en:

1. El control del contenido de humedad de los materiales higroscópicos.
2. El control del ritmo de las reacciones químicas y bioquímicas.
3. La limitación de las variaciones en el tamaño de los artículos de precisión fabricados provocadas por la expansión y contracción térmicas.

El suministro de aire puro filtrado que es a menudo indispensable para un funcionamiento correcto y para la producción de artículos de calidad. (Alvarez et al ,2008)

Con la continua elevación del nivel de vida la climatización de edificios se ha convertido en una necesidad; en gran parte de los casos para lograr que sus condiciones de habitabilidad cumplan las exigencias de confort de sus ocupantes, lo que redundaría en una mayor satisfacción de los mismos y, en otros casos, como equipamiento fundamental del edificio para satisfacer la función intrínseca del mismo. (Alvarez et al, 2008).

Las instalaciones de climatización constituyen hoy día uno de los equipamientos más importantes de un edificio, por varios motivos:

1. En el aspecto de la inversión por el elevado valor económico de la misma, que puede constituir entre un 10 y un 20% del importe del edificio en instalaciones centralizadas en edificios de nueva construcción.
2. En el aspecto de la explotación por el importe de su consumo energético que probablemente constituya el más importante de los gastos en energía del edificio, mayor que el gasto energético en iluminación y otros consumos eléctricos del edificio.
3. En el aspecto de mantenimiento y conservación por la dedicación que exigen, el coste de sus componentes y las necesidades de personal especializado en estas labores.
4. En el aspecto funcional por la elevada incidencia que, en la actividad del edificio y de sus usuarios, supone la falta de este servicio en un momento dado.

Por todo ello el estudio de las instalaciones de climatización en un edificio exige una especial atención en aras de sacar de ellas el máximo partido, racionalizando al máximo sus costes tanto desde el aspecto de la inversión inicial, como posteriormente en su consumo energético y costes de mantenimiento y conservación. (Alvarez et al ,2008).

### **1.6.1.1 Problemática actual de la climatización. (CEEMA. 2005)**

El estudio de un sistema de climatización de un edificio tiene como objetivos principales la calidad del ambiente (tanto térmico como del aire interior), el ahorro de energía y la protección del medioambiente.

- **Calidad del Ambiente Térmico**

El bienestar térmico se define como la condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico. Debido a su subjetividad, se precisa de relaciones empíricas que relacionen la percepción de bienestar de diferentes tipos de personas y sus sensaciones térmicas con los diferentes posibles valores de las variables que intervienen en el confort térmico. El índice de confort térmico depende de las variables que afectan sobre el intercambio de calor de la persona con el entorno que le rodea y así se refleja en la norma. Este índice de confort térmico es función de variables tales como el metabolismo, la vestimenta, la velocidad y humedad relativa del aire y la temperatura media radiante.

- **Calidad de Aire Interior. Ventilación**

En los edificios modernos las personas están expuestas a un amplio espectro de sustancias polucionantes, todas ellas presentes en muy baja concentración y procedentes de materiales de construcción, mobiliario, elementos de decoración, equipos de oficina, metabolismo humano, humo de tabaco, aire exterior o incluso, los componentes del mismo sistema de climatización. Por lo tanto, en líneas generales, la calidad del aire en los recintos debe obedecer a dos requisitos fundamentales: los riesgos para la salud de los seres humanos deben ser mínimos y el aire no debe proporcionar una sensación olfativa desfavorable.

Para el control de la calidad del aire interior se emplean dos métodos fundamentales: la dilución mediante aire exterior y la purificación mediante procedimientos tales como la adición de sustancias olorosas (enmascaramiento), eliminación por filtración, absorción, adsorción, ionización o fotooxidación. Los métodos basados sobre la dilución por aire

exterior conducen al empleo de caudales de ventilación mayores que los tradicionales, es decir, requieren la presencia de sistemas de aire acondicionado del tipo todo aire, lo que supone una mayor penalización en el consumo energético final, salvo cuando las condiciones del aire exterior sean favorables para la utilización del enfriamiento gratuito o cuando se adopten sistemas de recuperación de energía.

- Consumo Energético

Los consumos de energía en un edificio se centran básicamente en cuatro grandes grupos: acondicionamiento térmico (calefacción y refrigeración), agua caliente sanitaria, iluminación, aplicaciones (electrodomésticos, sistemas, etc.). Estudios publicados recientemente señalan que en el conjunto del Estado Español, el consumo en los sectores residenciales y de servicios supone cerca de un 30 % del consumo total de energía. Si consideramos el total de los países de la Unión Europea, este porcentaje sube hasta alcanzar alrededor del 40 %. Estamos, por tanto, hablando de unos consumos de energía muy elevados y cualquier medida de ahorro o recuperación de energía, multiplicado por muchos miles o millones de edificios se convierte en un potencial de ahorro nada despreciable. El impacto de los costes de energía en la selección, diseño y mercado de los equipos de acondicionamiento de aire ha sido complicado; y aún una mayor incertidumbre se ha manifestado durante los últimos años a partir de los estudios acerca del impacto medioambiental de estas tecnologías. (CEEMA. 2005)

Partiendo de estas consideraciones, el estudio energético de los sistemas de climatización ha cambiado desde una concepción basada únicamente en la economía a otra con implicaciones sociales y medioambientales, de modo que los propietarios de los edificios tienen que afrontar la incertidumbre sobre el coste y la disponibilidad de los refrigerantes y la energía, y deben incluso considerar las posibles regulaciones gubernamentales futuras. Paralelamente, las acciones relacionadas con la mejora de las condiciones de calidad de aire interior a que hemos hecho referencia en el epígrafe anterior, hacen previsible un incremento en las tasas de ventilación de los edificios y

por tanto, del consumo energético asociado a los sistemas de tratamiento. La estimación del impacto energético de la ventilación presenta múltiples dificultades y en la actualidad se realizan trabajos de investigación al respecto.

En general podemos señalar que, de acuerdo al enfoque actual, todo consumo energético implica una responsabilidad por el empleo de recursos limitados y por su repercusión medioambiental y debe realizarse bajo estrictos criterios de racionalización. Como medidas paliativas de esta situación se proponen soluciones como sistemas de control de la demanda de ventilación mediante sondas de calidad de aire, sistemas de ventilación por desplazamiento y sistemas de recuperación energética.

- Problemática Medioambiental

Los sistemas de ventilación y acondicionamiento de aire influyen negativamente sobre el medio ambiente en dos direcciones fundamentales: como consumidores de energía, fundamentalmente eléctrica generada en grandes centrales industriales a partir de procesos de combustión, contribuyendo al efecto invernadero y al previsible cambio climático global y utilizando refrigerantes clorofluorocarbonados, destructores de la capa de ozono. (CEEMA. 2005)

### **1.6.2 Clasificación de los sistemas de climatización (Alvarez et al, 2008)**

Existe una gran variedad de diseños y equipos para climatizar locales, lo que unido al hecho de que varios sistemas participan de características comunes, hace muy difícil establecer una clasificación con diferenciaciones netas entre unos y otros.

#### ***Sistemas partidos unitarios (split)***

Una unidad interior, situada en el local, incorpora la parte del evaporador del circuito frigorífico, incluyendo por tanto la batería, ventilador de impulsión de aire, filtros y los sistemas de regulación. Adoptan formas diversas: consola de suelo, de techo, de pared, con envolvente o sin ella, etc. La evolución tecnológica es constante, con mandos a distancia, etcétera. (Alvarez et al, 2008).

La unidad condensadora, o "exterior", incorpora el compresor frigorífico, el condensador, (generalmente enfriado por aire) y todos los elementos de seguridad y de regulación del sistema frigorífico. La unión entre ambas unidades se realiza mediante conexiones frigoríficas con tubería de cobre.

### ***Sistemas partidos múltiples (multi-split).***

Son semejantes a los anteriores, pero en los que una sola unidad condensadora exterior, sirve a varias unidades interiores en paralelo, que pueden tener control común o independiente.

Sistemas de "volumen de refrigerante variable". Son sistemas partidos múltiples muy evolucionados, en los que, gracias a las posibilidades de regulación de la electrónica moderna y a un cuidadoso diseño de los sistemas frigoríficos, se consigue una gran variedad de combinaciones entre "unidades exteriores" e "interiores", tanto en tipos y potencias, como en distancias entre unas y otras. (Alvarez et al, 2008)

### **1.7 Ahorro de energía en sistemas de refrigeración y climatización.** (Oramas, 2006)

Los objetivos y aplicaciones de la refrigeración son muy variados, abarcando desde la climatización de espacios a temperaturas de 20 ó 25 °C, hasta la producción de frío a bajas temperaturas para la conservación de alimentos en cámaras frigoríficas a menos 30 °C.

En ambos casos los principios termodinámicos que se aplican son los mismos,

Las instalaciones frigoríficas son altamente consumidoras de energía, y en algunos casos representan los mayores consumos, tal como sucede en algunas industrias alimentarias, frigoríficos, fábricas de hielo, edificios comerciales y hoteles turísticos

Los sistemas de refrigeración se pueden dividir en tres tipos básicos:

- Sistemas de compresión mecánica.
- Sistemas de absorción.

- Sistemas de eyección de vapor.

El tipo de sistema más utilizado es el de compresión mecánica, aunque en aplicaciones específicas puede resultar ventajoso el empleo de otro tipo. En particular, los sistemas de absorción pueden resultar convenientes en casos de bajos costos del gas natural y altos costos de electricidad, o cuando exista la posibilidad de aprovechamiento de alguna corriente de calor residual. Especial interés está tomando la aplicación de equipos de refrigeración por absorción en sistemas de cogeneración, combinando la producción de electricidad, calor y frío, sistemas que se conocen como de trigeneración.

#### **1.7.1 Sistemas de compresión mecánica. (Oramas, 2006).**

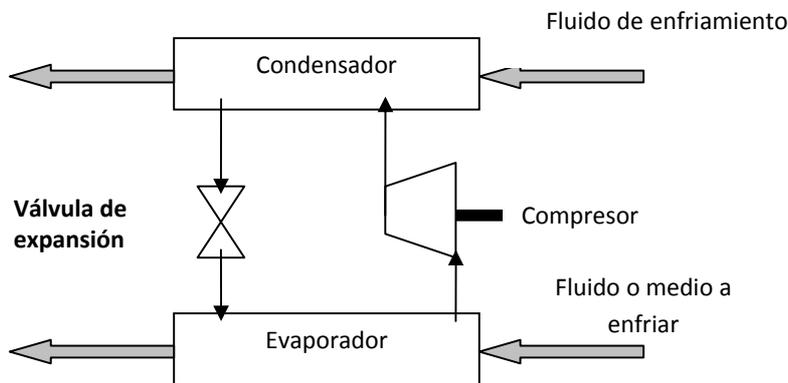
Un sistema de compresión mecánica está formado por cuatro elementos fundamentales: compresor, evaporador, condensador y dispositivo de expansión, además de la sustancia de trabajo o agente de transformación que recibe el nombre de refrigerante.

El ciclo se desarrolla entre dos niveles de presiones, la llamada presión de alta o presión de condensación y la llamada presión de baja o presión de evaporación, es por ello que con frecuencia se hace alusión al lado de alta y al lado de baja del sistema de refrigeración.

Este ciclo como su nombre lo indica, tiene como finalidad la producción de frío o sea la reducción de la temperatura del objeto de la refrigeración. Este proceso de reducción de temperatura ocurre a expensas de la evaporación del agente refrigerante en el evaporador.

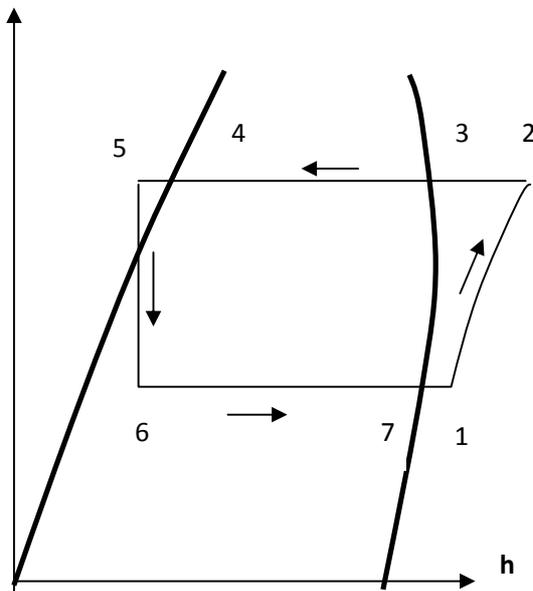
El calor absorbido en el evaporador (equivalente a la refrigeración producida), es transportado por el propio refrigerante hasta el condensador donde este es rechazado.

Como se muestra en la Figura 1.1 los sistemas de refrigeración de compresión mecánica están integrados por cuatro componentes básicos compresor, condensador, dispositivo de expansión y evaporador.



**Figura 1.1. Sistemas de refrigeración de compresión mecánica.**

Para el estudio de este ciclo, se debe hacer referencia obligada a su representación en el diagrama Presión-Entalpía (Figura 1.2), la que constituye una herramienta fundamental del técnico frigorista.



**Figura. 1.2. Representación del ciclo por compresión de vapor en el diagrama presión vs. Entalpía**

**Procesos:**

1-2 Proceso de compresión a entropía constante.

2-3 Proceso de sobrecalentamiento del gas.

3-4 Proceso de condensación a presión constante.

4-5 Proceso de subenfriamiento del líquido.

5-6 Proceso de estrangulación a entalpía constante.

6-7 Proceso de evaporación a presión constante.

7-1 Proceso de sobrecalentamiento del gas de succión.

### **1.7.2 Indicadores Energéticos fundamentales de un ciclo de refrigeración por compresión de vapor. (Oramas, 2006).**

Para la caracterización de las condiciones de funcionamiento, en particular las energéticas, se hace uso de los llamados Indicadores Energéticos. Algunos de ellos, brindan esta información de manera directa, otros reflejan su repercusión en la eficiencia del ciclo o en las condiciones de explotación en general.

#### **Efecto refrigerante (q)**

$$q = (i_{sal} - i_{ent})_{evap}, \quad \text{kJ/kg.}$$

Se hace necesario precisar, que en este caso, la entalpía de salida del evaporador no necesariamente será igual a  $i_7$ , pues de hecho, se presenta sobrecalentamiento y no condiciones de saturación en este punto.

#### **Capacidad de refrigeración**

$$Q = q * G_r, \quad \text{kW}$$

Gr: Flujo de refrigerante (Kg/s).

El calor removido constituye la Capacidad Frigorífica del sistema, la cual se expresa con mucha frecuencia en Toneladas de Refrigeración.

#### **Trabajo del compresor (l)**

$$l = (i_2 - i_1), \quad \text{kJ/kg.}$$

#### **Potencia teórica demandada por compresor**

$$P_t = l * G_r, \quad \text{Kw}$$

### **Potencia real demandada por compresor (P)**

$$P_r = I * G_r * \eta_v , \quad \text{Kw}$$

Siendo  $\eta_v$  la eficiencia volumétrica del compresor.

### **Relación de compresión (Rc)**

$$R_c = \frac{P_d}{P_s}$$

Los valores de presión de descarga y de succión del compresor ( $P_d$  y  $P_s$ ) deberán estar expresados como valores de presión absoluta.

### **Calor rechazado por el condensador (Qc)**

$$Q_c = (i_2 - i_5) * G_r , \quad \text{Kw}$$

Debe notarse que el calor rechazado en el condensador es resultado de los siguientes procesos.

- 1- Proceso de sobrecalentamiento del gas que incluye la región de vapor sobrecalentado (calor sensible).
- 2- Proceso de cambio de fase (calor latente).
- 3- Proceso de subenfriamiento en la región de líquido subenfriado (calor sensible).

### **Coefficiente de funcionamiento del Ciclo (COP)**

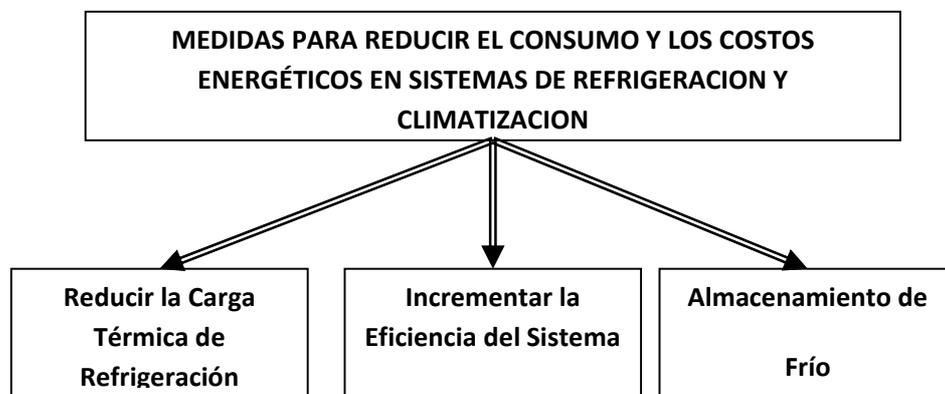
$$\text{COP} = \frac{q}{l} ; \quad \text{ó} \quad \text{COP} = \frac{Q}{P_r}$$

#### **1.7.3 Oportunidades de ahorro de energía en los sistemas de refrigeración industrial.** (Oramas, 2006).

Existen oportunidades de ahorro desde el momento de diseño de los sistemas de refrigeración y climatización, y otras factibles de aplicar durante la explotación de las instalaciones existentes.

En la etapa de diseño y proyecto se pierden en muchas ocasiones las mejores oportunidades de lograr instalaciones eficientes, consistentes con la necesidad del ahorro de energía, las que una vez en funcionamiento tienen pocas posibilidades de corrección por parte del personal de explotación interesado en esta tarea.

Las medidas para reducir el consumo y los costos energéticos en las instalaciones de refrigeración se pueden agrupar en tres direcciones fundamentales, como se muestra en la Figura 1.3:



**Figura 1.3. Direcciones fundamentales en las instalaciones de refrigeración.**

#### **1.7.4 Reducción de la carga térmica de refrigeración a satisfacer por el sistema**

La carga térmica global o carga frigorífica a satisfacer por un sistema de refrigeración está compuesta por los siguientes elementos:

- Carga aportada por el producto, medio o fluido a enfriar.
- Flujo de calor sensible procedente del exterior.
- Carga sensible interna, aportada por motores, alumbrado y equipos internos.
- Carga sensible y latente del aire de renovación e infiltraciones.

Los primeros pasos al tratar de disminuir el consumo de energía en una instalación frigorífica deben darse en la dirección de reducir la carga térmica. Hay que recordar que al disminuir la carga térmica, no solo se disminuye el consumo de energía en los

compresores de refrigeración, sino también en las bombas de circulación, los ventiladores de torres de enfriamiento y otros equipos auxiliares.

Otro principio a tomar en consideración en cualquier tipo de sistema de enfriamiento, es utilizar primero los agentes de menor costo energético; esto es, comenzar con el aire ambiente, seguir con el agua a temperatura ambiente, luego el enfriamiento evaporativo directo, el indirecto, y solo al final recurrir a los sistemas de refrigeración. Nunca enfriar algo mediante un sistema de refrigeración que sea factible de enfriar con otro agente disponible.

#### **1.7.5 Principales medidas para aumentar la eficiencia de los sistemas de refrigeración y climatización.** (Oramas, 2006).

Dentro de las principales medidas que se pueden emplear para incrementar la eficiencia de los sistemas de refrigeración industrial están las siguientes:

- Reducción de la presión (temperatura) de condensación.
- Operar con la mayor presión (temperatura) en el evaporador admitido por el proceso o los productos a conservar.
- Operación económica de sistemas con múltiples compresores.
- Recuperación del calor de condensación.

#### **1.7.6 Particularidades del ahorro de energía en los diferentes sistemas de climatización** (Oramas, 2006).

- **Sistemas que utilizan unidades de ventana**

La principal posibilidad de ahorro de energía en estos sistemas se anula cuando se permite el drenaje libre del agua resultado del proceso de deshumidificación del aire, ya que cuando es taponeado el orificio de drenaje, el ventilador permite el rociado de la misma contra la superficie del condensador, aprovechando las ventajas del efecto de evaporación de la misma y logrando así la disminución de la presión de condensación con el consiguiente aumento del COP.

Es de especial interés también, mantener la limpieza de los filtros así como de las superficies de intercambio de calor del evaporador y condensador. En caso contrario aparecerán sobreconsumos. Es importante revisar estado de los ventiladores y en especial de la lubricación de sus rodamientos. Téngase en cuenta que en este caso es el propio usuario el que administra la energía mediante el ajuste del termostato.

- **Sistemas que utilizan acondicionadores Split piso-techo, consolas, Split cassette o similares (Oramas, 2006).**

Especial revisión deberá hacerse de las condiciones de ventilación de las unidades de condensación, pues suelen ser utilizadas estas unidades en la actualidad para acondicionar muchos espacios no concebidos para ello de acuerdo a la época en que fueron proyectados, apareciendo por lo general su explotación bajo condiciones de mala ventilación. Deberá realizarse la corrección de tales condiciones de explotación. En muchos casos aparecen disposiciones arbitrarias de rechazo de calor en locales interiores, los cuales en caso de imposibilidad de corrección total deberán ser mejorados al menos por la vía de la ventilación forzada y por supuesto con costos energéticos inferiores a los casos de alta presión de condensación por mala ventilación.

Es aplicable también en este caso todo lo referente a filtros, estado de limpieza de las superficies de intercambio de calor y ventiladores.

Aparece ahora una mayor posibilidad de ahorro a través del control de la temperatura del espacio, tal vez se requiera de instruir al personal de la importancia del ajuste del termostato.

## **1.8 Conclusiones parciales**

1. La Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE) consiste en un paquete de procedimientos, herramientas y software especializado, que aplicadas de forma continua, permiten establecer nuevos hábitos de dirección, control, diagnóstico y uso de la energía, dirigidos al aprovechamiento de las oportunidades de ahorro y conservación de la energía y a la reducción de los costos energético.
2. La TGTEE puede ser aplicada en los servicios eléctricos de la Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", específicamente en la Cámara 1.
3. La climatización de edificios se ha convertido en una necesidad para lograr que sus condiciones de habitabilidad cumplan las exigencias de confort de sus ocupantes, lo que redundará en una mayor satisfacción de los mismos y, en otros casos, como equipamiento fundamental del edificio para satisfacer la función intrínseca del mismo.
4. Los primeros pasos al tratar de disminuir el consumo de energía en un local climatizado deben darse en la dirección de reducir la carga térmica.

## CAPITULO II "METODOLOGIA DE CÁLCULO"

---

---

En el presente capítulo se expone la metodología de los cálculos utilizados para dar cumplimiento al objetivo propuesto.

### **2.1 Caracterización de los consumidores eléctricos de la Universidad de Matanzas " Camilo Cienfuegos " (UMCC).**

La Universidad de Matanzas está ubicada en la Autopista a Varadero Km 3 ½, Matanzas de la provincia de Matanzas. Se cuenta con 11 servicios eléctricos, los cuales se subdividen en:

- ❖ 6 servicios mayores. (de mayores consumo de energía)
- ❖ 5 servicios menores.

Dentro de los servicios eléctricos mayores se encuentran los siguientes:

1. **Cámara # 1** la cual tiene en cuenta los Edificio de Idioma, Edificio de Suelo, Centro de Información y la Rectoría y Motel.
2. **Cámara # 2** que incluye los Edificios Docentes D1, D2 y D3 y los Edificios de Becas A, B y C.
3. **Cámara # 3** que incluye el Comedor de Estudiante y Trabajadores, la Casa de Cultura y el Hospitalito.
4. **Cámara # 4** que incluye la Planta Piloto, el Laboratorio de Mecánica, el Laboratorio de Procesos Químicos.
5. **Facultad de Industrial** que incluye los Edificios de Facultades, los Laboratorios de Física y Química y el Laboratorio de Informática.

6. **Lavandería** que incluye la Casa de Caldera y Estación de bombeo, el Mantenimiento especial y constructivo, los Edificios de Beca D, E, el ATM e Imprenta y la Cocina y Comedor de Protocolo.

### **Servicios Menores:**

ISAICC Camilo Cienfuegos (Casa de visitas); Sede Universitaria Albergue Manzan; Taller Universidad (Finca); Centro Universitario Albergue San Juan De Dios; Servicio Bombeo.

Los mayores consumidores son las Cámaras 1, 2, 3 y Lavandería, las que constituyen las áreas claves de la UMCC. Esto dio base al estudio y aplicación de la Tecnología de Gestión Total y Eficiente de la Energía (TGTEE) en estos servicios eléctricos. (Ruffín. et al, 2009).

## **2.2 Estrategia de la Investigación**

La metodología a utilizar tiene como base la Tecnología de Gestión Total y Eficiente de la Energía (TGTEE), la cual permite establecer en una empresa o unidad presupuestada nuevos hábitos de dirección, control, diagnóstico y uso de la energía, dirigidos al aprovechamiento de todas las oportunidades de ahorro y conservación de la energía, y a la reducción de los costos energéticos y la contaminación ambiental asociada.

## **2.3 Análisis de los consumos eléctricos de la Cámara 1.**

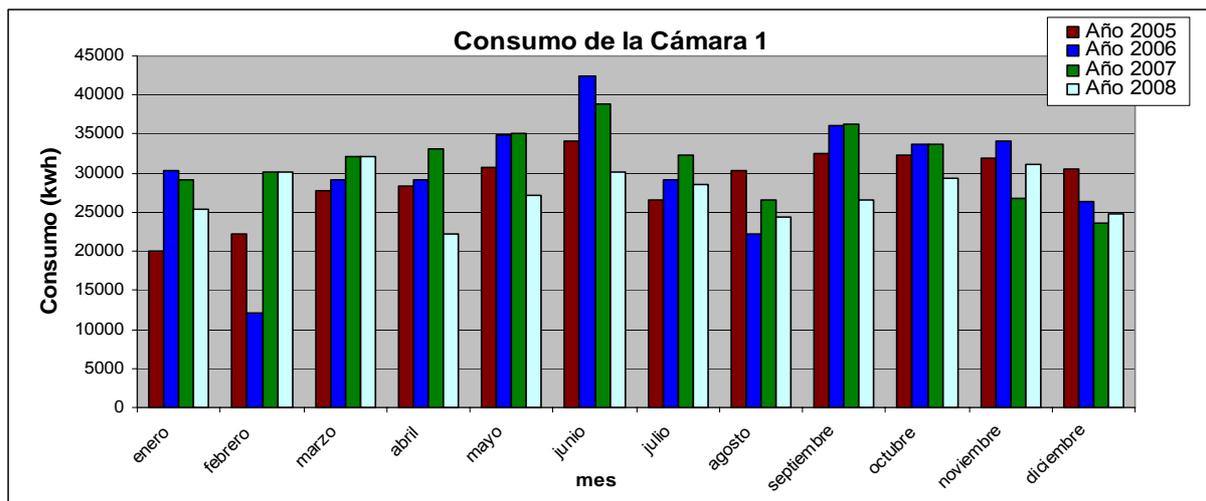
En la Universidad de Matanzas se consumió mensualmente entre \$11 410,44 y \$14 318,14 de electricidad en la cámara 1 en el año 2008 lo cual ha disminuyo al compararlo con los gastos mensuales de los año anteriores. (Ver anexos 1 y 2)

Al consumo de la cámara 1 le corresponde aproximadamente el 26 % del consumo total de la UMCC. (Ruffín et al, 2009).

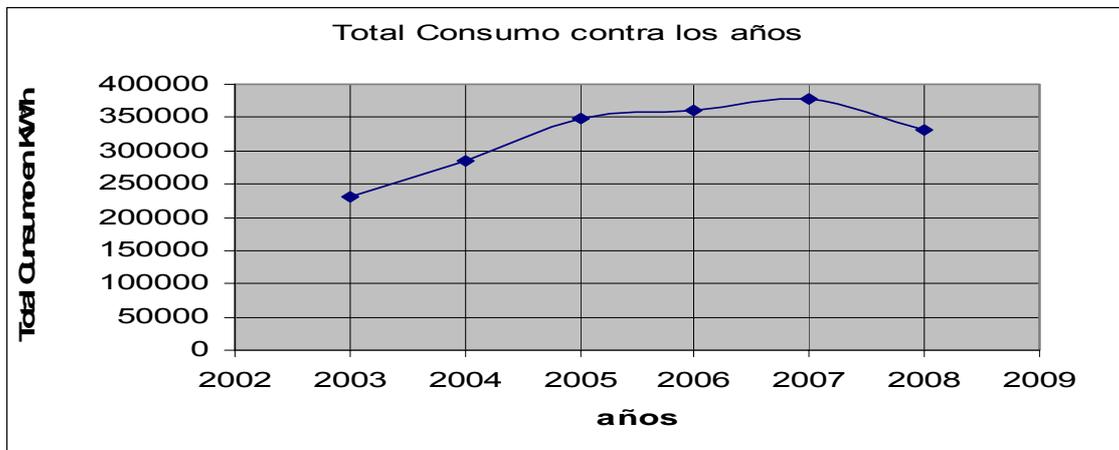
La cámara 1 presta servicio a las siguientes cargas de la UMCC: Edificio de Idioma, el Edificio de Suelo, el Centro de Información, la Rectoría, el Motel y su Alumbrado exterior.

Se cuenta con las facturas eléctricas mensuales de la UMCC desde el año 2003 hasta el 2008, y que al realizar un análisis de las mismas se pudo obtener el consumo eléctrico y el costo económico que ocasiona el servicio eléctrico Cámara 1.

Se explota el software Excel para poder analizar el comportamiento del consumo eléctrico mensual y anual desde el año 2003 hasta el año 2008, como se observan en las Figuras 2.1 y 2.2.



**Figura 2.1 Consumo mensual en diferentes años correspondiente a la Cámara No. 1 de UMCC.**

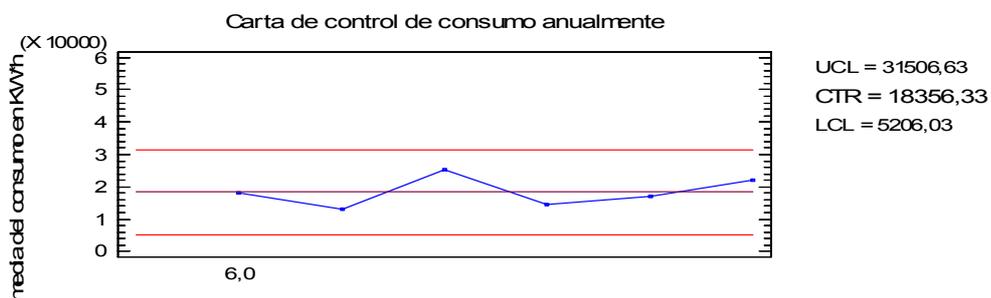


**Figura 2.2 Comportamiento del consumo total desde el año 2003 hasta el año 2008.**

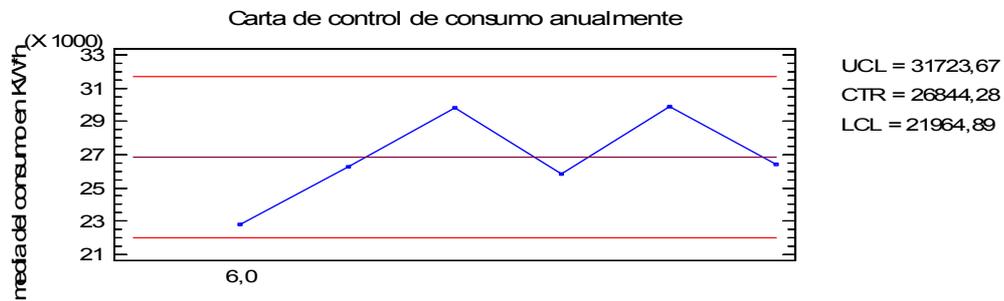
El control estadístico de proceso es la utilización de herramientas estadísticas para tales fines. La herramienta estadística más utilizada para el control de estadístico de proceso es la carta de control. Las cartas de control son un tipo de pruebas de hipótesis que nos permitiera tomar decisiones en cuanto al control de procesos.

(Guerra. 1986, y Lowry 2004)

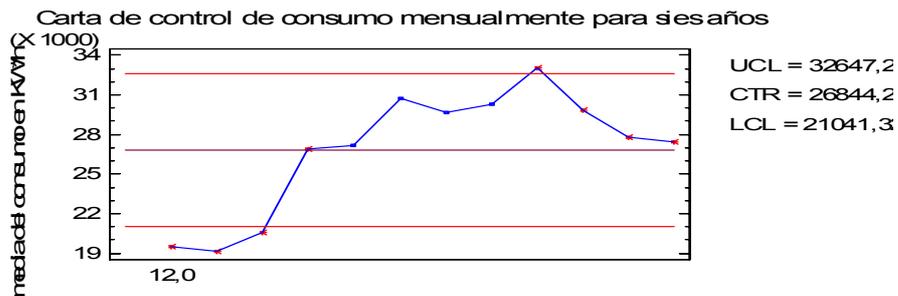
Se emplea el uso del software Statgraphics Plus versión 5.0 para realizar las cartas de control que se muestran en las figuras 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6:



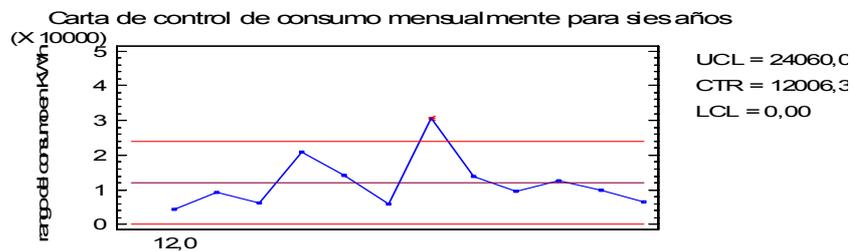
**Figura 2.3. La Carta de Control para la media del consumo eléctrico en los seis años en cuestión.**



**Figura 2.4.** La Carta de Control para el rango del consumo eléctrico en los seis años en cuestión.



**Figura 2.5** La Carta de Control para la media del consumo eléctrico para los meses en los seis años en cuestión.



**Figura 2.6.** La Carta de Control para el rango del consumo eléctrico para los meses en los seis años en cuestión.

Las cartas de control para medias permiten conocer cuando el proceso esta “fuera de control”. En el caso presente está hecho por calcular la media de los consumos eléctricos de los años en cuestión contra el parámetro constante lo cual es el año en la Fig.2.3 o los meses en las figuras 2.5.

Las cartas de control para rangos generalmente se dibujan debajo de la carta de control para medias. Esta carta anticipa el cambio en la media y plantea una alarma con anterioridad a la carta para medias. En el caso presente está hecho por fijarse en el rango de los consumos eléctricos de los años en cuestión contra el parámetro constante lo cual es el año en la Fig.2.4 o los meses en las figuras 2.6.

## **2.6 Diagnóstico Energético en la Cámara 1.**

Se realiza el diagnóstico energético en el área de estudio, el mismo consiste en la conformación de base de datos con los valores mensuales de consumo.

Para la realización de la Conformación de base de datos con los valores mensuales de consumo del servicio eléctrico Cámara 1 de la UMCC se analiza el consumo de energía en los diferentes edificios a los cuales le presta servicio esta cámara.

Se conoce que en los mismos la energía consumida es la **electricidad en un 100%**, por lo que se centra este trabajo en el consumo de energía eléctrica.

Se realiza un levantamiento del consumo eléctrico nominal, puesto que no existen metros contadores, en los edificios a los que presta servicio la cámara.

Para la conformación de la basa de datos se hizo las siguientes consideraciones:

- 510 horas/mes es la equivalente a las 8 horas de trabajo al día para un mes laborable.
- Un mes laborable es equivalente a 24 días

**Tabla 2.1** Base de datos del Edificio de laboratorios de Idioma e Informática y la facultad de Cultura Física

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia Nominal (W)</b>	<b>Potencia Total (W)</b>	<b>horas de trabajo al mes</b>	<b>Consumo (kWh)</b>
Computadoras de los laboratorios.	83	300	24900	510	12699
computadoras	82	300	24600	192	4723,2
Aires acondicionados de los laboratorios	5	1390	6950	360	2502
Aires acondicionados de los laboratorios	3	2450	7350	360	2646
Aires acondicionados	2	1400	2800	72	201,6
Impresoras	9	100	900	120	108
Refrigeradores modernos	3	200	600	510	306
Ventiladores	10	50	500	125	62,5
TV Moderno	2	70	140	48	6,72
TV ruso	2	80	160	48	7,68
Video	3	100	300	24	7,2
Retroproyector	1	250	250	12	3

Cocina	2	2000	4000	6	24
Lámparas de 32 w de los laboratorios	30	32	960	510	489,6
Lámparas de 32 w	69	32	2208	192	423,936
<b>Total</b>	<b>306</b>		<b>76618</b>		<b>24210,436</b>

**Tabla 2.2** Base de datos con del Edificio Suelos

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia Nominal (W)</b>	<b>Potencia Total (W)</b>	<b>horas trabajo mes</b>	<b>de al</b>	<b>Consumo (kWh)</b>
Computadoras	8	300	2400	192		460,8
Aires acondicionados	2	1400	2800	72		201,6
Impresoras	2	100	200	72		14,4
Refrigeradores modernos	4	200	800	510		408
DVD	1	12	12	96		1,152
Video	1	100	100	96		9,6
TV	1	70	70	96		6,72
Scanner	1	100	100	24		2,4
Retroproyector	1	250	250	12		3
Nevera	1	350	350	510		178,5
Ventiladores de techo	3	55	165	144		23,76

*Aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en el servicio eléctrico Cámara 1 de la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos (UMCC).*

Autoclave	1	1000	1000	144	144
Agitador	7	25	175	72	12,6
Baño termostato pequeño	2	960	1920	48	92,16
Baño Ultrasonido	1	110	110	12	1,32
Molino	2	1300	2600	4	10,4
Bomba de succión	2	180	360	12	4,32
Centrifugador grandes	3	400	1200	16	19,2
Centrifugador pequeños	2	136	272	8	2,176
Amplificador	2	300	600	10	6
Luces de Espectacular	2	600	1200	3	3,6
Lámparas de 20 w	13	20	260	144	37,44
Lámparas de 32 w	153	32	4896	144	705,024
Balanza Analítica	2	10	20	48	0,96
Incubadora	1	800	800	192	153,6
Estufa	4	1200	4800	48	230,4
<b>Total</b>	<b>222</b>		<b>27460</b>		<b>2733,132</b>

**Tabla 2.3 Base de datos del CICT**

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Potencia Total(W)</b>	<b>horas de trabajo al mes</b>	<b>Consumo (kW.h)</b>
Computadoras	50	300	15000	192	2880
Aires Acondicionados.	7	1120	7840	72	564,48
Consola Moderna	1	9100	9100	24	218,4
Scanner	1	100	100	8	0,8
Ventiladores	2	50	100	120	12
Vent.techo modern	8	50	400	96	38,4
Ventil. Techo ruso	19	60	1140	96	109,44
TV	4	85	340	8	2,72
Refrigeradores chicos	1	100	100	510	51
Refrigerad. moderno	1	200	200	510	102
Grabadora	2	50	100	16	1,6
Impresoras	6	100	600	72	43,2
Motobomba	1	1040	-	-	
Lámpara 32W	91	32	2912	192	559,104
Lámpara 20 W	179	20	3580	192	687,36
<b>Total</b>	<b>373</b>		<b>41512</b>		<b>5270,504</b>

**Tabla 2.4 Base de datos del Rectorado**

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Potencia Total(W)</b>	<b>horas de trabajo al mes</b>	<b>Consumo (kW.h)</b>
Computadoras	22	300	6600	144	950,4
Aires Acond.	7	1400	9800	96	940,8
Fax	1	6	6	12	0,072
Ventiladores	10	50	500	96	48
TV	4	70	140	96	13,44
Refrigerador Moderno.	3	165	495	510	252,45
Impresoras	11	100	1100	48	52,8
Pizarra telefónica	1	150	150	576	86,4
Lámpara 32 W	49	32	1568	168	263,424
Lámpara 20 W	30	20	600	168	100,8
<b>Total</b>	<b>138</b>		<b>20959</b>		<b>2708,586</b>

**Tabla 2.5 Base de datos del Motel y Relaciones Internacionales**

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Potencia total (W)</b>	<b>horas de trabajo al mes</b>	<b>Consumo (kW.h)</b>
Computadoras	7	300	2100	192	403,2
Aires acondicionados Modernos	19	1390	26410	72	1901,52
Calentadores	3	750	2250	12	27
TV	9	70	630	96	60,48
Refrigeradores	4	200	800	510	408
Refrigeradores chicos	9	100	900	510	459
Impresoras	1	100	100	72	7,2
Scanner	1	100	100	4	0,4
Cocina	1	2000	2000	12	24
Lámpara 20 W	98	20	1960	240	470,4
<b>Total</b>	152		<b>37250</b>		3761,2

**Tabla 2.6 Base de datos del Alumbrado Exterior.**

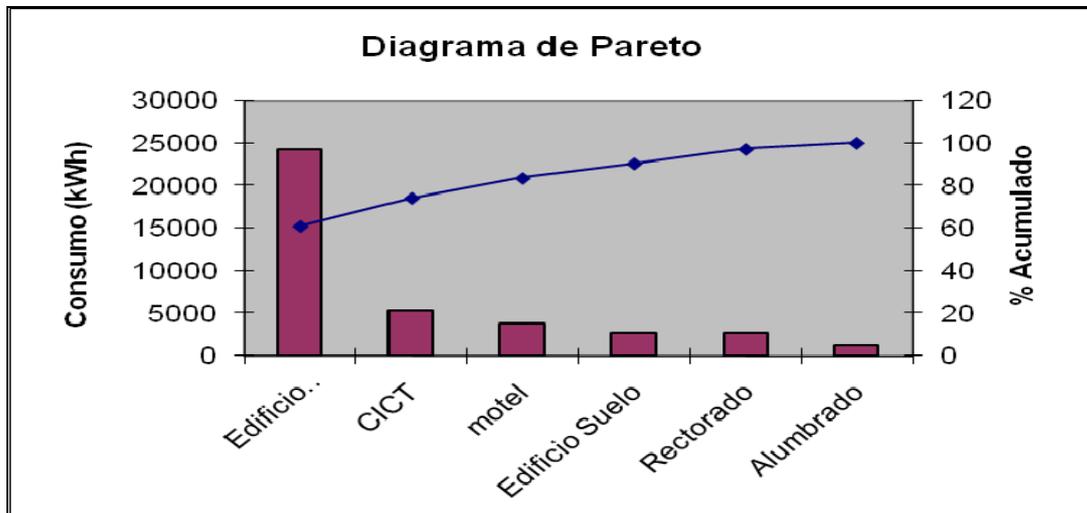
Equipos	Cantidad	Potencia (W)	Potencia Tota (W)	horas de trabajo al mes	Consumo (kWh)
Lámpara 32 W	15	32	480	300	144
Lámpara 250 W	12	250	3000	300	900
Lámpara 400 W	1	400	400	300	120
<b>Total</b>	<b>28</b>		<b>3880</b>		<b>1164</b>

Se considera que las horas de trabajo del alumbrado exterior son 10 horas para 30 días.

**Tabla 2.7 Resumen de los consumos eléctrico de la cámara 1.**

Locales	Consumo total (kW*h)	%
Edificio Idioma	24210,436	61
CICT	5270,504	13
motel	3761,2	9
Edificio Suelo	2733,132	7
Rectorado	2708,586	7
Alumbrado	1164	3
<b>Total</b>	<b>39847,858</b>	<b>100</b>

Se realiza un diagrama de Pareto para determinar los edificios mas consumidores en la actualidad y compararlos con los puestos claves determinados en el curso 2006-2007 por López (López, 2007).



**Figura 2.7 Diagrama de Pareto**

Como consecuencia de lo anterior se observa en la Figura 2.7 que los edificios más consumidores, representando su consumo eléctrico más del 80% del consumo total de la cámara son los siguientes:

- Edificio de Idiomas y laboratorio de Informática
- CICT
- Motel y Relaciones Internacionales

## **2.5 Evaluación del Sistema de climatización de los laboratorios de Informática**

Al evaluar el sistema de climatización instalado en los laboratorios de Computación de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos, utilizando para ello el método ABC lo cual es un método corto, se emplea el uso de EXCEL para facilitar los cálculos. Esta medida fue tomada para darle respuesta al problema que fue concretado por el diagnóstico energético de la cámara donde se comprobó el problema del trabajo.

### **2.5.1 Método ABC del cálculo de frigorías.**

Este método no es totalmente riguroso, es al menos práctico para el comienzo de aquellas personas no introducidas en esta técnica. Esta es una fórmula ABC ideada

para facilitar el cálculo de la capacidad de refrigeración requerida para cualquier local o habitación bajo una variedad de condiciones.

#### A-Área de la Habitación

Use solamente uno de los casos siguientes:

a) Cuarto con techo a dos aguas:  $AREA * 35 = FRIG$  Ec.2.1

b) Cuarto bajo piso ocupado:  $AREA * 16 = FRIG$  Ec.2.2

c) Cuarto con techo a una agua:  $AREA * 52 = FRIG$  Ec.2.3

#### B-Pared más expuesta al Sol

Largo de la pared \* 74 = FRIG Ec.2.4

#### C-Otras Paredes

Incluye todas las paredes no consideradas en B

LARGO TOTAL \* 25 = FRIG Ec. 2.5

#### D-Ventanas más expuestas al Sol

Use solamente uno de los casos siguientes

a) Este o Sur con cortinas o toldos:  $AREA * 122 = FRIG$  Ec. 2.6

b) Este sin cortinas o toldos:  $AREA * 270 = FRIG$  Ec.2.7

#### E-Otras Ventanas

Incluye las ventanas no incluidas en D

AREA TOTAL \* 43 = FRIG Ec. 2.8

#### TOTAL DE CARGAS DE ENFRIAMIENTO

$Q = A + B + C + D + E$  (Frigorías) Ec. 2.9

Este total está calculado para una habitación con dos personas y sin aparatos eléctricos, luces, etc. Se debe añadir:

Por personas (Pp):

$$Pp = \text{Cantidad de personas} \cdot 150 = \text{FRIG} \quad \text{Ec. 2.10}$$

Por aparatos, luces (Pal):

$$Pal = \text{Watts} \cdot 0,86 = \text{FRIG} \quad \text{Ec.2.11}$$

$$\text{Entonces } Q_{\text{Total}} = Q + Pp + Pal = \text{FRIG} \quad \text{Ec.2.12}$$

### **2.5.2 Descripción de los locales de los Laboratorios de Computación**

Los locales de los Laboratorios de Computación se encuentran en la primera planta de un edificio de 3 pisos.

**El laboratorio No. 2** por el Norte cuenta con una pared de 6,20 m de longitud y 3,38 m de altura, con 5 persianas de madera de 2.65 m de largo y 1.71 m de ancho con 5 ventanas de cristal de 2,65m de largo y 0.54 m arriba de ellas, por el Sur una pared de 6,20 m de largo y 3,38 m de altura con 4 ventanas de cristal de 2,65m de largo y 0.54 m de ancho, estas no están expuesta al sol debido a que dan a un pasillo, por el Este cuenta con una pared de 7,63m de largo e igual altura que las anteriores, lindando con otro local climatizado y por el Oeste tiene una pared de 7,63m de largo no colindante con un otro local climatizado (laboratorio).

En el local funcionarán las siguientes cargas eléctricas:

- ❖ 10 computadoras de 300.00 w (3000 w)
- ❖ 4 lámparas fluorescentes de 32 w (128 w)

Datos Técnicos del Fabricante del Equipo de aire acondicionado instalado en el Gabinete de computación No.2

1. Acondicionador de Aire Del tipo Ventana.

2. Modelo: GJ12-22LM
3. Voltaje Normal: 220 volt
4. Frecuencia Normal: 60 HZ
5. Capacidad Frigorífica: 12000 BTU/h
6. Corriente Nominal: 6,5 A
7. Potencia de Entrada: 1390 W
8. Refrigeración: R22 0,82 Kg
9. Volumen del flujo de aire: 450 m<sup>3</sup>/h
10. Ruido: 52/58 dB (A)
11. Peso: 48 Kg
12. Tipo de protección: I

**El laboratorio No. 3** por el Norte cuenta con una pared de 6,20 m de longitud y 3,38 m de altura, con 5 persianas de madera de 2.65 m de largo y 1.71 m de ancho 5 ventanas de cristal de 2,65m de largo y 0.54 m arriba de ellas, por el Sur una pared de 6,20 m de largo y 2.66 m de altura con 4 ventanas de cristal de 2,65m de largo y 0.54 m de ancho, estas no están expuesta al sol debido a que dan a un pasillo , por el Este cuenta con una pared de 7,63 m de largo e igual altura que las anteriores, lindando con otro local climatizado y por el Oeste tiene una pared de 7,63 m de largo colindante con otro laboratorio.

En el local funcionarán las siguientes cargas eléctricas:

- ❖ 17 computadoras de 300.00 w (5100 w)
- ❖ 5 lámparas fluorescentes de 32 w (160w)

Datos Técnicos del Fabricante del Equipo de aire acondicionado instalado en el Gabinete de computación No.3

1. Acondicionador de Aire Del tipo Ventana.
2. Modelo: AM2M24C1
3. Voltaje Normal: 220 volt
4. Frecuencia Normal: 60 HZ
5. Capacidad Frigorífica: 22000 BTU/h
6. Corriente Nominal: 11,4 A
7. Potencia de Entrada: 2450 W
8. SEER: 10,1
9. Caudal de Ventilación: 442 CFM
10. Refrigeración: R22/31QZ
11. Intensidad de Corriente: 53 A
12. Ruido: 57/63 dB (A)
13. Presión de Diseño Descarga: 464 PSI
14. Peso: 138,9 lbs
15. Prevención Impermeable: Ip24
16. Tipo de protección: I

**El laboratorio No. 4** por el Norte cuenta con una pared de 6,20 m de longitud y 2.50 m de altura, con 5 persianas de madera de 2.65 m de largo y 1.71 m de ancho con 5 ventanas de cristal de 2,65m de largo y 0.54 m arriba de ellas, por el Sur una pared de 6,20 m de largo y 2.50 m de altura con 6 ventanas de cristal de 2,65m de largo y 0.54

m de ancho, estas no están expuesta al sol debido a que dan a un pasillo, por el Este cuenta con una pared de 7,60 m de largo e igual altura que las anteriores, lindando con otro local climatizado y por el Oeste tiene una pared de 7,60 m de largo colindante con otro laboratorio.

En el local funcionarán las siguientes cargas eléctricas:

- ❖ 19 computadoras de 300.00 w (5700 w)
- ❖ lámparas fluorescentes de 32 w (96w)

Datos Técnicos del Fabricante del Equipo de aire acondicionado instalado en el Gabinete de computación No.4

1. Acondicionador de Aire Del tipo Ventana.
2. Modelo: AM2M24C1
3. Voltaje Normal: 220 volt
4. Frecuencia Normal: 60 HZ
5. Capacidad Frigorífica: 22000 BTU/h
6. Corriente Nominal: 11,4 A
7. Potencia de Entrada: 2450 W
8. SEER: 10,1
9. Caudal de Ventilación: 442 CFM
10. Refrigeración: R22/31QZ
11. Intensidad de Corriente: 53 A
12. Ruido: 57/63 dB (A)
13. Presión de Diseño Descarga: 464 PSI

14. Peso: 138,9 lbs
15. Prevención Impermeable: Ip24
16. Tipo de protección: I

**El laboratorio No. 5** por el Norte cuenta con una pared de 6,20 m de longitud y 2.50 m de altura, con 5 persianas de madera de 2.65 m de largo y 1.71 m de ancho con 5 ventanas de cristal de 2,65m de largo y 0.54 m arriba de ellas, por el Sur una pared de 6,20 m de largo y 2.50 m de altura con 4 ventanas de cristal de 2,65m de largo y 0.54 m de ancho, estas no están expuesta al sol debido a que dan a un pasillo , por el Este cuenta con una pared de 7,60 m de largo e igual altura que las anteriores, lindando con otro local climatizado y por el Oeste tiene una pared de 7,60 m de largo colindante con otro laboratorio.

En el local funcionarán las siguientes cargas eléctricas:

- ❖ 17 computadoras de 300.00 w (5100 w)
- ❖ 9 lámparas fluorescentes de 32 w (288 w)

Datos Técnicos del Fabricante del Equipo de aire acondicionado instalado en el Gabinete de computación No.5

1. Acondicionador de Aire Del tipo Ventana.
2. Modelo: GJ12-22LM
3. Voltaje Normal: 220 volt
4. Frecuencia Normal: 60 HZ
5. Capacidad Frigorífica: 12000 BTU/h
6. Corriente Nominal: 6,5 A
7. Potencia de Entrada: 1390 W

8. Refrigeración: R22 0,82 Kg
9. Volumen del flujo de aire: 450 m<sup>3</sup>/h
10. Ruido: 52/58 dB (A)
11. Peso: 48 Kg
12. Tipo de protección: I

**El laboratorio No. 7** por el Norte cuenta con una pared de 6.50 m de longitud y 2.50 m de altura, con 5 persianas de madera de 2.65 m de largo y 1.71 m de ancho con 5 ventanas de cristal de 2,65m de largo y 0.54 m arriba de ellas, por el Sur una pared de 6.50m de largo y 2.66 m de altura con ventanas de cristal de 2,65m de largo y 0.54 m de ancho, estas no están expuestas al sol debido a que dan a un pasillo , por el Este cuenta con una pared de 7,60 m de largo e igual altura que las anteriores, que no se colinda con otro local climatizado y por el Oeste tiene una pared de 7,60 m de largo colindante con un otro laboratorio.

En el local funcionarán las siguientes cargas eléctricas:

- ❖ 19 computadoras de 300.00 w (5700 w)
- ❖ 9 lámparas fluorescentes de 32 w (288w)

Datos Técnicos del Fabricante del Equipo de aire acondicionado instalado en el Gabinete de computación No.7

1. Acondicionador de Aire Del tipo Ventana.
2. Modelo: AM2M24C1
3. Voltaje Normal: 220 volt
4. Frecuencia Normal: 60 HZ
5. Capacidad Frigorífica: 22000 BTU/h

6. Corriente Nominal: 11,4 A
7. Potencia de Entrada: 2450 W
8. SEER: 10,1
9. Caudal de Ventilación: 442 CFM
10. Refrigeración: R22/31QZ
11. Intensidad de Corriente: 53 A
12. Ruido: 57/63 dB (A)
13. Presión de Diseño Descarga: 464 PSI
14. Peso: 138,9 lbs
15. Prevención Impermeable: Ip24
16. Tipo de protección: I

### **2.5.3 Análisis de la eficiencia energética en los laboratorios de computación**

#### **2.5.3.1 Diagnostico de educación energética de los usuarios de los laboratorios.**

Al realizar una revisión de los laboratorios se observa que aunque fueron sustituidas algunas puertas y ventanas por otras nuevas de aluminio, aun no se cumple con las condiciones necesarias de hermeticidad, no existiendo tampoco cortinas.

Con el objetivo de conocer el grado de conocimiento y concientización que tienen los trabajadores, técnicos y estudiantes que son usuarios de los laboratorios de computación se realiza una encuesta a una muestra de ellos. (Ver anexo 4)

Para poder evaluar la educación energética de los usuarios de los laboratorios una encuesta fue hecha y aplicada a los trabajadores y los estudiantes que usan de estos locales. (Ver anexo)

Hay que calcular la muestra a aplicar la encuesta para que sean confiables los resultados del procesamiento de ella.

#### Trabajadores:

La población de los trabajadores que se encuentra en los laboratorios de informática N es igual a 17 personas.

Con un 95% de confianza y 5% del nivel de significación ( $\alpha$ ) se calcula el número de la muestra (n) a aplicar la encuesta.

$$n = \frac{no}{1 + \frac{no}{N}} \quad \text{Ec. 2.13}$$

$$no = \left( Z \left[ 1 - \frac{\alpha}{2} \right] * \frac{\sigma}{d} \right)^2 \quad \text{Ec. 2.14}$$

Ya que  $\alpha$  es igual a 0,05 por lo tanto  $Z \left[ 1 - \frac{\alpha}{2} \right] = Z_{0,975}$  de la tabla 2 (Eillon, 1980).

Así que  $Z = 1,96$ .

Se asuma que la desviación estándar de la población  $\sigma = 1$  y la diferencia entre la muestra y la población  $d = |X - \mu| = 0,5$

$$no = \left( Z \left[ 1 - \frac{\alpha}{2} \right] * \frac{\sigma}{d} \right)^2 = \left( 1,96 * \frac{1}{0,5} \right)^2$$

$$no = 15,4$$

Entonces

$$n = \frac{15,4}{1 + \frac{15,4}{17}} = 9$$

#### Estudiantes:

La población de los estudiantes que se ut el utilizan los laboratorios de informática N es igual a 1800 personas.

Con un 95% de confianza y 5% de nivel de significación ( $\alpha$ ) se calcula el número de la muestra a aplicar la encuesta.

$$n = \frac{no}{1 + \frac{no}{N}}$$

$$no = \left( Z \left[ 1 - \frac{\alpha}{2} \right] * \frac{\sigma}{d} \right)^2$$

Cuando N es grande n es igual a no

Ya que  $\alpha$  es igual a 0,05 por lo tanto  $Z \left[ 1 - \frac{\alpha}{2} \right] = Z_{0,975}$  de la tabla 2 (Eillon, 1980).

Pues  $Z = 1,96$ .

Se asuma que la desviación estándar de la población  $\sigma = 3$  y la diferencia entre la muestra y la población  $d = |X - \mu| = 0,5$

$$no = \left( Z \left[ 1 - \frac{\alpha}{2} \right] * \frac{\sigma}{d} \right)^2 = \left( 1,96 * \frac{3}{0,5} \right)^2$$

$$no = 139$$

Entonces

$$n = 139$$

### **2.5.3.2 Cálculo de la carga térmica de cada local utilizando el método ABC**

Se realiza la evaluación del sistema de climatización instalado en los laboratorios de Computación de la Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos, utilizando para ello el método ABC, se emplea el EXCEL para facilitar los cálculos.

Los resultados obtenidos para todos los locales se muestran en la tabla 2.8.

**Tabla 2.8 Resumen de los resultados de la evaluación del sistema de climatización.**

Locales	Capacidad frigorífica calculada por ABC (BTU/h)	Capacidad frigorífica reportada en la chapa (BTU/h)
Lab. 2	29665,70662	12000
Lab. 3	41123,40199	22000
Lab. 4	46257,28013	22000
Lab. 5	45292,19404	12000
Lab. 7	44028,93377	22000

### 2.5.3.3 Selección del equipo de Climatización

Para la selección del equipo de climatización se considera un sobre diseño de un 3 %.

Tabla 2.8.1 Resumen de los resultados de la evaluación del sistema de climatización con un 3 % de sobre diseño.

Locales	Capacidad frigorífica calculada por ABC (BTU/h)
Lab. 2	30556
Lab. 3	42357
Lab. 4	47645
Lab. 5	46651
Lab. 7	45350

Se escoge Split y no aires acondicionados de ventana teniendo en cuenta que habría que instalar varios en cada laboratorio y esto no sería factible económicamente, además de traer problemas con la ubicación.

Utilizando catálogos de fabricantes de diferentes firmas se seleccionan 1 mono Split de un compresor de la marca PEAKE tipo PCU/PCUH036 de 36 000 BTU/h para el laboratorio 2 y 4 de tipo PCU/PCUH 048 de 48 000 BTU/h de la misma marca para los laboratorios 3, 4, 5 y 7. (Ver anexo 5)

Datos:

➤ PCU/PCUH036

Intensidad Nominal = 17,5 A

Voltaje = 220 v

Potencia de entrada = 3945 W

$$C_{el} = Potencia * T_{\tan u} * T_{td} * Tarifa * F_t$$

Donde:

$C_{el}$  es el costo del consumo eléctrico de los monos Split.

$T_{\tan u}$  es los días de trabajo al año, en este caso 365 días/año.

$T_{td}$  es el tiempo de trabajo al día, para este caso 20 h/día.

Tarifa es el promedio del costo del kW en la Cámara que es 0,10 \$/kW.h.

$F_t$  es el factor que tiene en cuenta las paradas del sistema, 0,70.

$$C_{el} = (3,945 \text{ kW})(20 \text{ h/día})(365 \text{ días/año})(0,10 \text{ \$/kW.h})(0,70)$$

$$\mathbf{C_{el} = \$ 2 015,90}$$

➤ PCU/PCUH048

Intensidad Nominal = 26,50 A

Voltaje = 220 v

Potencia de entrada = 5796 W

$C_{el} = (5,796 \text{ kW})(20 \text{ h/día})(365 \text{ días/año})(0,10 \text{ \$/kW.h})(0,70)$

**$C_{el} = \$ 2 961,76$**

Teniendo en cuenta que se requieren 4 Split de la misma capacidad

**$C_{el \text{ total}} = 4 * (\$ 2 961,76)$**

**$C_{el \text{ total}} = \$11847,04$**

#### **2.7.4 Análisis Económico para seleccionar la variante para el laboratorio 2**

Se consideran 2 ofertas de Split de diferentes marcas para el laboratorio 2, se realiza un análisis económico con el objetivo de seleccionar la variante más adecuada, para ello se utilizara el criterio del Costo del Ciclo de Vida (CCV)

El Costo del Ciclo de Vida (CCV) constituye un método que permite evaluar opciones de conservación de la energía a lo largo de la vida de un equipo o sistema, desde la adquisición, instalación, operación y mantenimiento hasta el desmontaje y disposición final del mismo. (CEEMA. 2007)

$$VPN_{\text{costos}} = K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Fc_i}{(1+D)^i}$$

En este caso,

$Fc_i$ , incluye solo costos, que se considerarán positivos, al igual que el costo de la inversión inicial. En la determinación del  $VPN_{\text{costos}}$  hay que sumar al valor de los costos anuales descontados, el valor de la inversión inicial sin descontar.

$K_0$  es el Costo inicial lo cual es el costo de inversión \$

$D$  es la Tasa de descuento real utilizada

$i$  es el año

n es la Vida útil, se debe utilizar la que el suministrador provea, si no se toma 5 años.

La depreciación se calcula como tiene normado el país, y se encuentra regulado por el fisco, un 10 % anual del costo de la inversión; sustituyendo en la siguiente ecuación se obtiene el valor de la depreciación para cada variante:

$$D = 0,10 * CI$$

$$CI = C_{\text{equipos}} + C_{\text{inst.}}$$

**Donde:**

**CI** es el Costo de inversión

**C<sub>equipos</sub>** es el Costo totales de los monos Split escogidos

**C<sub>inst.</sub>** es el Costo de instalación que es la suma del costo de la inversión más el montaje, \$.

**Costos a tener en cuenta:**

**K<sub>o</sub>**, Costo de energía, Costo de mantenimiento, Costo de paradas, Costo de Operación y Costo medioambiental.

**Se considera que:**

- ❖ El costo de paradas ó costo por pérdidas de producción es equivalente a cero, ya que este equipo se encuentra ubicado en una institución (Universidad de Matanzas) que no está relacionada a la producción.
- ❖ El costo de operación no se tendrá en cuenta, porque el equipo trabaja automáticamente.
- ❖ El costo medioambiental depende de derrame del refrigerante utilizado que es el mismo para las dos variantes analizadas, por lo tanto no se tiene en cuenta.

### **2.5.4.1 Calculo del CCV para la variante 1**

**Variante 1:** mono Split de marca PEAKE de tipo PCU/PCUH036

$$C_{\text{equipos}} = \$1280 + \text{IVA (ver anexo 6)}$$

Se considera que el impuesto IVA es un 12% del precio

$$C_{\text{equipos}} = \$1433,6$$

Se requiere 20m de tubo de cobre flexible de tipo L de 10 mm

Costo de 1 m del tubo = \$22,01 (Costo Net, 2009)

2 obreros para instalar un Split para 2 días a \$11 por día. Fuente: Nómina del departamento de Mantenimiento especializado UMCC.

$$C_{\text{inst.}} = \text{Costo}_{\text{tubo}} + \text{Costo}_{\text{varilla y soporte}} + \text{Costo}_{\text{mano de obra}}$$

$$\text{Costo}_{\text{tubo}} = \$440,20$$

$$\text{Costo}_{\text{Accesorios y soporte}} = \$100$$

$$\text{Costo}_{\text{mano de obra}} = \$44$$

$$C_{\text{inst.}} = \$440,20 + \$100 + \$44$$

$$C_{\text{inst.}} = \mathbf{\$584,20}$$

$$CI = \$1433,6 + \$584,20$$

$$CI = \mathbf{\$2017,80}$$

El costo de mantenimiento es un porcentaje del costo de la inversión (3%), se calcula por la siguiente expresión: (Orama, M)

$$CO = 0,03 * CI$$

$$CO = 0,03 * (\mathbf{\$2017,80})$$

$$CO = \mathbf{\$60,53}$$

La depreciación se calcula como tiene normado el país, y se encuentra regulado por el fisco, un 10 % anual del costo de la inversión; sustituyendo en la siguiente ecuación se obtiene el valor de la depreciación para cada variante:

$$D = 0,10 * CI$$

$$D = 0,10 * \$ 2017,80$$

$$D = \$201,78$$

Con el uso de EXCEL se determine el valor del costo del ciclo de la vida del variante 1 (ver anexo 7a)

$$VPN_{\text{costo}} = \$2028,09$$

#### 2.5.4.2 Calculo del CCV para la Variante 2

- Se selecciona mono Split de Suelo / Techo de la SANYO , marca TOYO, tipo FG-FM 36/C de 36 000 BTU/h para el laboratorio 2

Datos:

$$\text{Intensidad Nominal} = 12,5 \text{ A}$$

$$\text{Voltaje} = 220 \text{ v}$$

$$\text{Potencia} = 3^{1/2} * I * V * \cos \varphi$$

$$\text{Potencia} = 1,732 * (10,7 \text{ A}) (220 \text{ v}) (0,86)$$

$$\text{Potencia} = 3506,43 \text{ w} = 3,5064 \text{ kw}$$

$$Cel = 3,5064 \text{ kw} * 365 \text{ días/año} * 20 \text{ hrs/día} * 0,10 \text{ \$/kW.hr} * 0,7$$

$$Cel = 1791,77 \text{ \$/año}$$

$$C_{\text{equipos}} = \$3726 \text{ (con IVA incluido)}$$

Se requiere 20m de tubo de cobre flexible de tipo L de 10 mm

Costo de 1 m del tubo = \$22,01 (Costo Net, 2009)

2 obreros para instalar un Split para 2 días a \$11 por día. . Fuente: Nómina del departamento de Mantenimiento especializado UMCC.

**$C_{inst.} = Costo_{tubo} + Costo_{varilla \text{ y soporte}} + Costo_{mano \text{ de obra}}$**

$Costo_{tubo} = \$440,20$

$Costo_{Accesorios \text{ y soporte}} = \$100$

$Costo_{mano \text{ de obra}} = \$44$

$C_{inst.} = \$440,20 + \$100 + \$44$

**$C_{inst.} = \$584,20$**

Entonces

$CI = \$3726 + \$584,20$

**$CI = \$4757,32$**

El costo de mantenimiento es un porcentaje del costo de la inversión (3%), se calcula por la siguiente expresión:( Orama, M)

$CO = 0,03 * CI$

$CO = 0,03 * (\$4757,32)$

**$CO = \$142,72$**

$D = 0,10 * CI$

$D = 0,10 * \$4757,32$

**$D = \$475,73$**

Con el uso de EXCEL se determine el valor del CCV de la variante 2 (ver anexo 7b)

**VPN<sub>costo</sub> = \$4314,69**

## **2.6 Conclusiones parciales:**

1. Desde el año 2003 se incrementó el consumo eléctrico en los locales de la cámara 1.
2. Los equipos del sistema de climatización están mal seleccionados en los laboratorios de computación, ya que la capacidad frigorífica instalada es menor que la requerida en los 5 laboratorios.
3. Se selecciona mono Split de un compresor de la marca PEAKE tipo PCU/PCUH036 de 36 000 BTU/h para el laboratorio 2 y 4 de tipo PCU/PCUH 048 de 48 000 BTU/h de la misma marca para los laboratorios 3, 4, 5 y 7.
4. Se aplica el criterio del costo del ciclo de vida para seleccionar la variante más adecuada según dos firmas de fabricantes para la climatización del laboratorio 2.

## **Capítulo III "ANÁLISIS DE RESULTADOS"**

---

---

Una vez que se expone en el capítulo anterior toda la metodología de cálculo para llevar a cabo el trabajo, se procederá a emitir los resultados que ofrecen los software utilizados. En este capítulo se aborda un análisis de los resultados obtenidos en el capítulo anterior.

### **3.1 Análisis de los resultados de los consumos eléctricos de la Cámara 1**

El consumo de energía eléctrica de la cámara 1 de la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos se evalúa a partir de un análisis estadístico utilizando los gráficos de control del consumo de energía eléctrica mensual y anual y se tiene en cuenta que los análisis están hechos para 6 años.

De la figura 2.1 (ver anexo 2) la cual demuestra el consumo eléctrico mensual al respecto al año correspondiente de la Cámara No. 1 de UMCC se puede observar que el mes que reporta el mayor consumo es junio donde en el año 2006 fue el valor mayor seguido por el año 2007 y 2008 respectivamente. En los meses septiembre y mayo se reporta un alto consumo también. Esto puede explicarse por ser estos meses de intenso calor y además corresponden mayo y junio con el final de curso y septiembre con el inicio, donde son más utilizadas las computadoras y aires acondicionados de los laboratorios de computación y hay más pérdidas de energía por falta de hermeticidad de las habitaciones.

Los meses de menor consumo eléctrico fueron enero en el año 2005, febrero en el 2006, diciembre y abril en los años 2007 y 2008 respectivamente. El mes de agosto reporta generalmente el menor consumo por corresponder con las vacaciones. El mes de diciembre interesantemente reporta una disminución en los 4 años al respecto a los dos meses anteriores debido al clima dado a la temperatura baja resultando en el menor uso de los aires acondicionados y los ventiladores y a las vacaciones de fin de curso..

En el mes de septiembre aumentó significativamente el consumo en 2005, 2006 y 2007 sino en 2008 se reporta una variación ligera evidentemente debido al uso amplio de las computadoras al inicio de las clases.

Se muestra que en la cámara 1 se consumió más en el año 2007, lo cual representa un aumento estable desde 2003. Se disminuyó el consumo en el año 2008 lo cual representa un consumo menor que los de los años 2006 y 2005. Se puede decir que se cumplió en la cámara 1 de la universidad con el objetivo nacional para el año 2008 de ahorro energético. Ver figura 2.2

De acuerdo con los resultados obtenidos de Statgraphics Plus las cartas de control se muestran que basándose de la media de la muestra ninguno de los seis años está fuera de control sin embargo significativamente el año 2005 reportó la media mayor, lo más cercano al valor superior. Ver la figura 2.3.1

De la carta de los rangos, la cual se fija en la variación de los consumos de los seis años, tampoco se reporta una anomalía de la muestra, es decir que de acuerdo a los rangos del proceso representado, el mismo está bajo control porque ningún punto sobrepasa los límites o fronteras Ver figura 2.3.2. Es importante anotar que el año 2003 fue el de valores de consumo más cercanos al límite menor, mientras 2005 y 2007 fueron los de valores más cercanos al límite superior y 2004 y 2008 fueron los de valores por debajo del valor mediano, lo cual significa que en los años 2004 y 2008 fueron los de mayor control o ahorro de energía eléctrica en la cámara.

Según la figura 2.3.3.1 el consumo de electricidad en la Cámara para el mes de septiembre está fuera de control lo cual sobrepasa al límite superior es decir que la media del consumo correspondiendo al mes de septiembre es mayor que los demás valores reportados debido al uso de las computadoras y los aires acondicionados dado al uso al principio del semestre y el calor respectivamente. Los meses de enero, febrero y marzo están fuera de control ya que están por debajo del límite inferior, es decir que en estos meses no se hizo mucho uso de los aires acondicionados y los ventiladores.

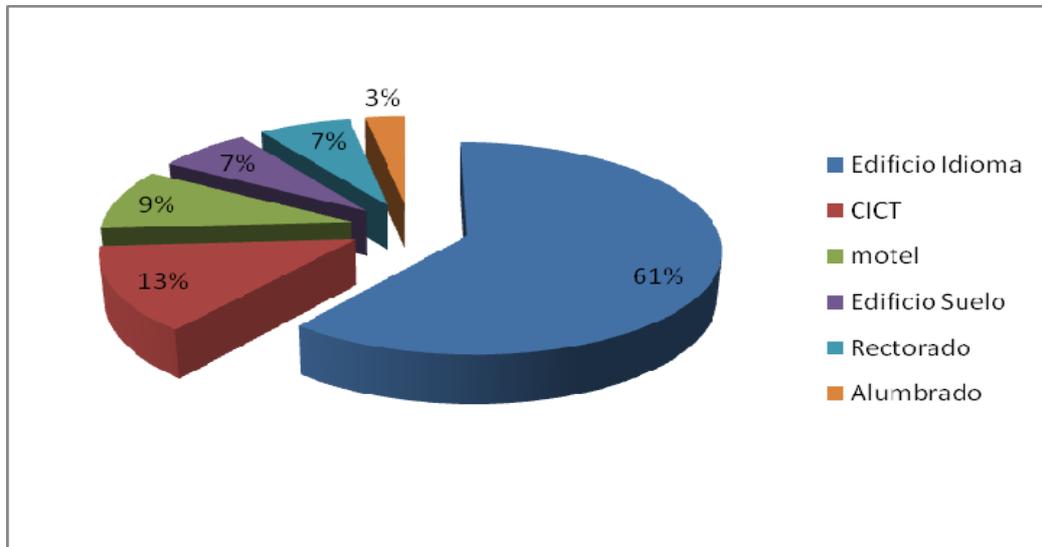
La figura 2.3.3.2 muestra que para los seis años el mes de Julio reporta una variación anormal es decir que los valores fueron los más alejados de la muestra.

Como resumen podemos decir que el consumo de electricidad en la Cámara 1 se ve influenciada por la época del año, es decir hay mayor consumo eléctrico en los meses de verano y por el período del curso, siendo los mayores consumos al final e inicio de curso.

### **3.2 Análisis del diagnóstico**

En éste trabajo se ha conocido el banco de problemas energéticos del servicio Cámara No1, se ha realizado en forma de levantamiento de carga eléctrica, se han identificado los puntos dentro del puesto clave de mayor consumo. Esto ha servido para identificar con exactitud el puesto clave y la propuesta de medidas.

De acuerdo con la Tabla 2.1 se puede concluir que el edificio de Idiomas y laboratorio de informática es el edificio que consume más energía debido a las computadoras y aire acondicionados que se encuentran allí instaladas. Este resultado es lógico ya que el tiempo de trabajo de estos equipos es superior a cualquier otro local porque está usado para realizar los trabajos y clases de los estudiantes. Los demás locales reportan similares resultados donde los equipos de mayor consumo son los computadores, las lámparas y los aires acondicionados debido a las cantidades de ellas y sus potencias.



**Figura 3.1 Gráfico de consumo por edificios de % del Total.**

**Tabla 3.1 Comparación de los resultados de los consumos eléctrico de la Cámara 1 del curso 2006-2007 con el curso 2008-2009.**

Locales	Consumo total (kW*h) para el curso 2008-2009	Consumo total (kW*h) para el curso 2006-2007
Edificio Idioma	24210,436	22461,9
CICT	5270,504	3715,29
Motel	3761,2	3618,91
Edificio Suelo	2733,132	3706,44
Rectorado	2708,586	2172,45
Alumbrado	1164	1152,00

En esta Tabla se puede evaluar como los mayores consumos se tienen en el Edificio de Idiomas y laboratorios de Informática, los cuales son considerablemente superiores a los existentes en los demás edificios estudiados, representando su consumo un 61 %

del consumo total de los mismos, seguidos del Centro de Información (CICT) con un 13 %, Motel y Relaciones Internacionales con un 9%, los edificios de laboratorios de Suelos y el Rectorado que tienen un consumo similar de 7 %, seguido por el Alumbrado exterior con un 3% del consumo total como se observa en la figura 3.1.

Se puede apreciar que existen cambios de los consumos en los locales haciendo referencia a la tabla 3.1

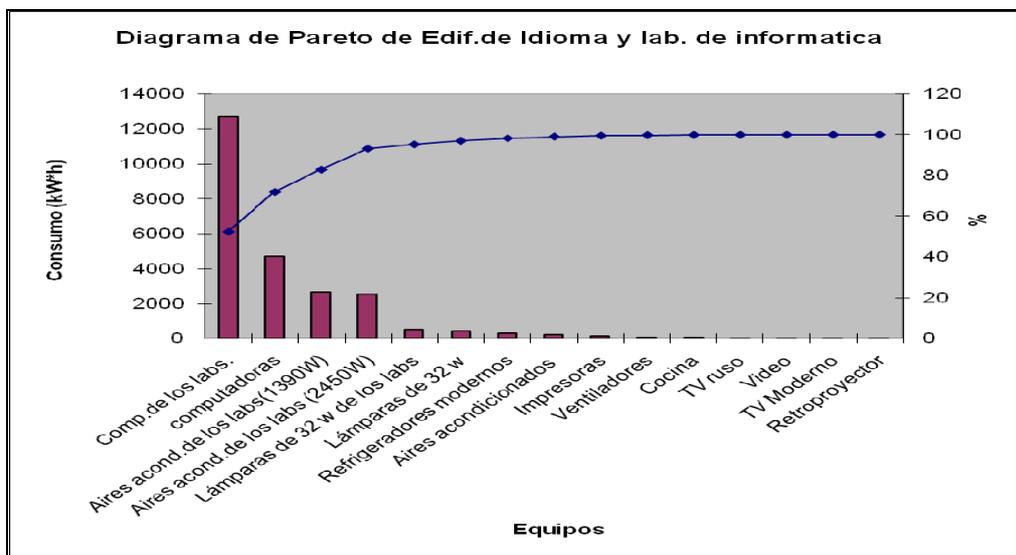
Al comparar los resultados obtenidos con los resultados de los trabajos hechos anteriormente (López, 2007) se nota un aumento de los consumos en todos los locales debido a los cambios que han realizados los locales. Las siguientes son las posibles razones para los cambios:

1. Hay más computadoras en los edificios de Suelo y CICT la cual tiene un 46% de incremento de las computadoras y en el Rectorado.
2. Un incremento de las cantidades de lámpara. Las lámparas de 40 w fueron cambiados para las de 32 W sin embargo aumentaron las cantidades de ellas.
3. En algunos casos por ejemplo en el edificio de Suelos existen unos cuantos equipos nuevos.
4. En el edificio de Idioma e informática, el horario de trabajo de los laboratorios fueron aumentados de 10 horas a 20 horas diarios.
5. En el caso del Alumbrado han cambiados las lámparas de 40 W a lámparas de 32 W

Haciendo uso al diagrama de Pareto en trabajos anteriores se determinaron los puestos claves de la cámara los cuales son el edificio de Idiomas y laboratorio de Informática, Edificio Laboratorio de Suelos, CICT y Motel y Relaciones Internacionales interesante a observar que en este trabajo se puede ver como se mantiene como local de mayor consumo el Edificio de Idioma y laboratorio de Informática, pero ahora seguido por el centro de información (CICT) y el Motel y Relaciones Internacionales, ya

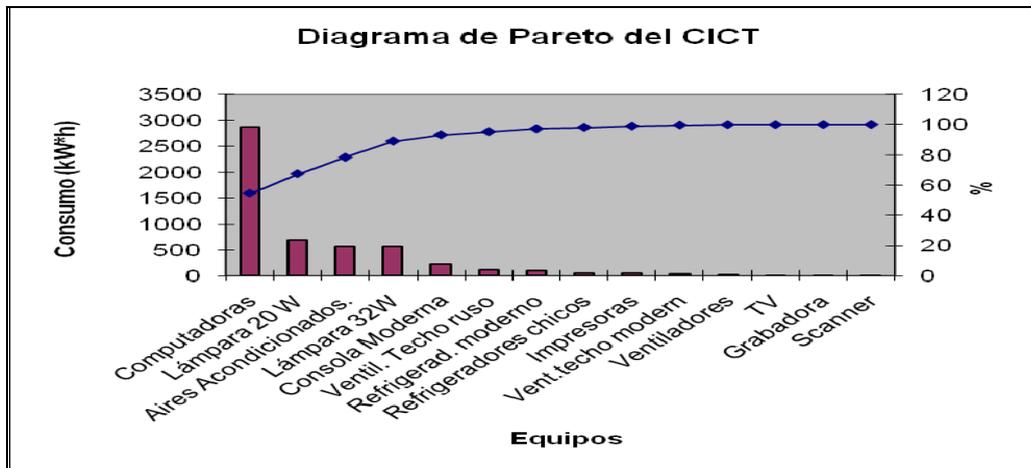
que el edificio de Suelos, por las causas explicadas anteriormente disminuyó su consumo

Para los edificios más consumidores obtenidos, representando su consumo eléctrico más del 80% del consumo total de la cámara, se determinaron los equipos de mayores consumos haciendo uso del diagrama de Pareto. En las siguientes figuras se muestran los resultados obtenidos:



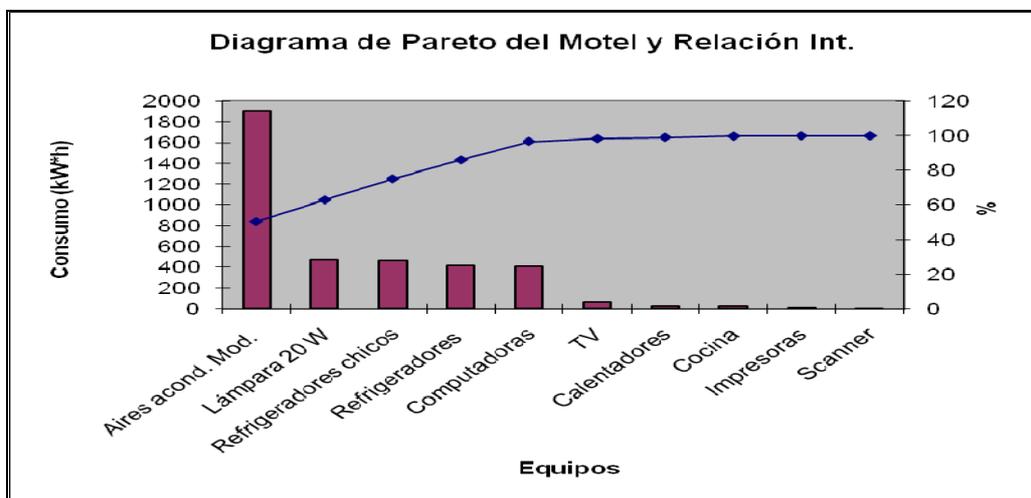
**Figura 3.2 el diagrama de Pareto del Edificio de Idioma y los laboratorios de informática.**

En este puesto clave las computadoras de los laboratorios, las computadoras de las oficinas y los aires acondicionados de los laboratorios son los equipos de mayor consumo debido a la cantidad y las horas de trabajo de ellos.



**Figura 3.3 el diagrama de Pareto del Centro de Información**

En este puesto clave las computadoras y las lámparas de 20 W seguidos de los aires acondicionados son los equipos de mayor consumo debido a la cantidad y las horas de trabajo de ellos.



**Figura 3.4 el diagrama de Pareto del Motel y Relación Internacional.**

En este puesto clave los aires acondicionados, las lámparas de 20W y los refrigeradores son los equipos de mayor consumo debido a la cantidad y las horas de trabajo de ellos.

### **3.2.1 Cambio de las lámparas de 40 W.**

Del trabajo realizado en el curso 2006-2007 (López, 2007) fue determinado que dentro de las cargas con un consumo más significativo en el servicio eléctrico Cámara N° 1 se tenían las lámparas de 40 w, las cuales se encuentran dentro de las cargas que más inciden en dos de los tres Puestos Claves seleccionados en esta cámara, además de la cantidad considerable de estas lámparas instaladas. De la conclusión anterior se tomó las acciones necesarias aplicándose la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en el servicio eléctrico.

En la primera etapa se propone cambiar las lámparas de 40 w con balastro electromagnético por lámparas de 32w con balastro electrónico de factores de potencia altos, este trabajo fue realizado en este período, específicamente en los últimos meses del curso 2007-2008, por lo que fueron sustituidas las lámparas de 40 W existentes en los edificios a los que le presta servicio la Cámara 1.

Se considera que si trabajaría para 12 horas en un mes laboral se podría ahorrar del cambio de las lámparas de 32W pues se genera un ahorro de electricidad. El ahorro producido por el cambio de 1 lámpara:

8W por la lámpara + 0.7 W por el balastro = 8.7 W

**Tabla 3.2 Ahorro producido por cambio de lámparas de 40w.**

<b>Edificio</b>	<b>Cantidad de lámparas</b>	<b>Horas de trabajo al mes</b>	<b>Ahorro mensual (Kwh.)</b>
Idiomas y laboratorio Informática	99	288	248,05
Edificio Suelos	153	288	383,36
CICT	91	288	228,01
Rectorado	49	288	122,77
Motel y Relac. Internacionales	-	-	-
Alumbrado Exterior	15	288	37,58
<b>Totales</b>	<b>407</b>		<b>1019,77</b>

Teniendo en cuenta que se conoce que como promedio para el año en curso el costo del Kwh. en la Cámara aproximadamente es igual a \$0.10, se determina el ahorro que representa esta sustitución en \$/año, se muestran los resultados en la siguiente Tabla:

Con la aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en el servicio eléctrico se ahorra 1223,72 \$/año lo cual es directamente proporcional a la cantidad de lámparas de 32W que se encuentran trabajado en los locales.

**Tabla 3.3. Ahorro anual.**

<b>Edificios</b>	<b>Ahorro anual (kWh)</b>	<b>Ahorro anual (\$)</b>
Idiomas y laboratorio Informática	2976,6	297,66
Edificio Suelos	4600,32	460,03
CICT	2736,12	273,61
Rectorado	1473,24	147,32
Alumbrado Exterior	450,96	45,10
Totales	12237,24	1223,72

### **3.3 Análisis de los resultados de evaluación de sistema de climatización**

Siempre que exista una diferencia de temperaturas entre dos puntos de un mismo cuerpo, existirá una transferencia de calor, de igual manera se producirá un flujo de vapor entre dos puntos sometidos a distintas presiones parciales de este. Ambas situaciones se presenta en las estructuras (paredes, techo, piso) de un local climatizado. A la cantidad de calor o vapor transmitida en la unidad de tiempo dependerá de la resistencia que ofrezca la estructura entre los dos puntos considerados y la diferencia de temperatura o tensión de vapor. (Polaino et al, 1987)

El objetivo del cálculo de la carga térmica en un local es obtener la ganancia de calor total que llega al local por las diferentes vías y con ella seleccionar el equipamiento ideal para satisfacer las exigencias del confort en los locales a climatizar. (Polaino et al, 1987)

En la tabla 2.8 se aprecia como al calcular la capacidad frigorífica requerida para cada uno de los 5 laboratorios de computación fueron obtenidos valores superiores a la capacidad frigorífica instalada en la totalidad de los laboratorios por lo que se demuestra que estuvieron mal seleccionados los equipos de climatización instalados y se evidencia en este trabajo la necesidad de una nueva selección de equipos de acondicionamiento de aire con mayor capacidad frigorífica para la debida climatización de los mismos, de forma de garantizar la temperatura de confort requerida para la correcta conservación de los equipos electrónicos instalados (Ver anexo 3 )

Los aires acondicionados están instalados en los locales principalmente para introducir aire fresco en los locales con el objetivo de la renovación constante o intermitente del aire dentro del local enfriándose a los equipos adentro de locales para evitar un sobrecalentamiento de ellos. Esto se realiza con el objetivo de diluir las impurezas del aire y elevarlas a una concentración segura o graduar la humedad y la temperatura de forma tal que permita un adecuado intercambio térmico hombre-medio; y ello surge por la necesidad contemporánea del hombre para el saneamiento del medio ambiente por métodos artificiales. (CEEMA, 2007).

Con el aire acondicionado las personas viven más confortables y muchos procesos industriales se realizan de forma más eficiente, resultando imprescindible para algunos equipos, como es el caso de las computadoras y determinados equipos de laboratorios, pues de acuerdo con los cálculos realizados en este trabajo los sistemas de climatización instalados en los laboratorios están mal seleccionados ya que los valores de las frigorías calculados están encima de las capacidades de los aires acondicionados.

Una mala selección del sistema de climatización como en el caso del presente trabajo puede causar que se tarde o no se alcance la temperatura de confort, ocasiona a la institución más gasto económico a la hora de mantener los equipos y sustituir los que no se pueden arreglar.

En los locales se existe la transferencia de calor del ambiente a fuera de local a través de las paredes y de los usuarios hacia al interior del los locales lo cual causa un aumento de la temperatura del medio ambiente a dentro del local lo cual incrementará el trabajo de los acondicionados para alcanzar a la temperatura de confort. (Argentina, 2003).

Las condiciones necesarias de hermeticidad son de mayor importancia en la aplicación de la tecnología de la gestión de la eficiencia de la energía ya que para lograr la temperatura de confort se implica alcanzando un equilibrio de la temperatura de a dentro del local a climatizar y si no está bien hermetizado se provoca un gasto de energía ya que la transferencia de calor de afuera hacia a dentro y viceversa se complicaría en el proceso de climatización.

### **3.4 Análisis de la educación energética de los usuarios de los laboratorios.**

#### **3.4.1 Resultados de la Encuesta:**

De los 139 estudiantes 114 de ellos no están informados del consumo de energía eléctrica en los laboratorios lo cual representa el 82% de la muestra, mientras el resto 18% dicen que son ampliamente informados. Por consecuencia de la ignorancia de la mayoría de la población estudiantil se puede deducir que ellos al usar los laboratorios no cumplen con las medidas para ahorrar la energía eléctrica. En el anexo 8 se reporta los resultados.

Las preguntas 2 al 4 de la encuesta fueron realizadas con el objetivo de conocer si los usuarios conocen acerca del ahorro de la energía eléctrica en locales tal como los laboratorios de computación. En la tabla del anexo 8 se reporta los resultados.

El 55% creen que sí se puede ahorrar la energía eléctrica en los laboratorios mientras el 36% no tienen criterio de si se puede, es decir que hay 36% de la población de estudiantes que no están consciente de cómo se puede ahorrar la energía eléctrica en los laboratorios. (Ver anexo 9)

La mayoría, el 64% dicen que no saben si se aplican las medidas de ahorro de la energía eléctrica en los laboratorios, lo cual se puede explicar por su ignorancia del tema en cuestión de los laboratorios, y el 36 % dice que no se aplican ninguna medidas de ahorro. (Ver tabla del anexo 8)

Con respecto al mantenimiento y operación, un 55% de la población estudiantil no está informada, como se muestran en el ANEXO 10.

La pregunta 5 tiene como objetivo conocer si la población está educada sobre el uso del sistema de climatización y su criterio del funcionamiento del mismo en los laboratorios de computación. En el anexo 11 se aprecian los resultados.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede resumir que:

1. El estado de los aires acondicionados es regular, sin embargo la mayoría de ellos no abordan criterio del mantenimiento de ellos.
2. La mayoría no conocen nada acerca de la hermeticidad de las habitaciones.
3. La mayoría consideran que las medidas para reducir el tiempo de apertura de puertas de las habitaciones con climatización están malas.
4. El 37% no tiene criterio del tiempo de parada de los aires acondicionado mientras el 27% de ellos dicen que es regular.

#### De los trabajadores

El 11% de ellos no están informados del consumo de energía eléctrica en los laboratorios, mientras el resto 44,45% dicen que son ampliamente informados. En el Anexo 12 se muestran los resultados.

En la tabla del Anexo 13 se reporta los resultados de las preguntas 2 al 4 según los trabajadores.

El 66,7% creen que sí se puede ahorrar la energía eléctrica en los laboratorios mientras el 33,3% no están de acuerdo. El 44,4% dicen que no saben si se aplican las medidas

de ahorro de la energía eléctrica en los laboratorios mientras la mayoría dice que sí. (Ver figuras 1 y 2 del anexo 13 respectivamente).

Respecto al mantenimiento y operación, tanto como los estudiantes la mayoría un 44,4% de la población de los trabajadores no está informada. Véase la tabla y la figura 3 del anexo 13.

En la tabla del Anexo 14 se muestran los resultados del comportamiento de la evaluación del sistema de climatización según los Trabajadores

De acuerdo con las respuestas de los trabajadores se puede observa las siguientes (Véase la figura del Anexo 14):

1. No existe criterio semejante para evaluar el estado de de los aires acondicionados, pues se evalúa indistintamente de entre bien, regular y mal.
2. El 44,4% de ellos (la mayoría) abordan que el mantenimiento de los aires acondicionados se encuentra regular.
3. La mayoría (más que el 50%), dicen que la hermeticidad de las habitaciones está bien.
4. La mayoría consideran que las medidas para reducir el tiempo de apertura de puertas de las habitaciones con climatización están bien y la temperatura ambiente en las habitaciones con climatización está bien.
5. La mitad no tenia criterio del tiempo de parada del aire acondicionado mientras la igual cantidad dicen que está bien.
6. El 37% no tiene criterio del tiempo de parada de los aires acondicionado mientras el 27% de ellos dicen que es regular

Como resultado de este análisis se puede concluir que existe falta de conocimiento en general sobre el ahorro de energía eléctrica en los laboratorios de computación, evidenciándose de manera más apreciable en los estudiantes usuarios de los mismos, pero que también se aprecia en los trabajadores que son los responsables de hacer

cumplir las medidas organizativas, así como el mantenimiento y cuidado de los equipos. Además se evidencia que no se le realiza un mantenimiento sistemático a los aires acondicionados, ni existen medidas organizativas adecuadas para mantener las puertas cerradas, lo que conlleva al aumento del consumo eléctrico.

A partir de dicho diagnóstico se proponen acciones que contribuyan a elevar la cultura energética de los trabajadores y estudiantes que están relacionados con estos laboratorios como son: la realización de conversatorios sobre eficiencia energética, empleo de propaganda alusiva a la temática en los laboratorios, divulgación del consumo eléctrico mensual de la cámara y otras.

### **3.5 Análisis de la Selección del equipo de Climatización**

De acuerdo con los resultados obtenidos de la evaluación del sistema de climatización por el método ABC se debe seleccionar un mejor sistema de climatización de los laboratorios para lograr climatizar los locales. Empleando un sobre diseño de un 3 % se asegura el cumplimiento del objetivo de un sistema de climatización.

Se selecciona los aires acondicionados mono Split por sus características, ellos tienen las capacidades frigoríficas que requieren los locales y a su vez su diseño facilita buenas condiciones de hermeticidad ya que no hay que realizar aberturas en las paredes para instalar la unidad lo cual hace posible reducir la transferencia de calor del medio ambiente afuera del local hacia a dentro logrando alcanzar la temperatura de confort más fácilmente. También se escoge Split y no aires acondicionados de ventana teniendo en cuenta que habría que instalar varios en cada laboratorio y esto no sería factible económicamente, además de traer más problemas con la ubicación.

### **3.6 Valoración ambiental del uso del refrigerante R-22 (Autores)**

Basándose en la producción más limpia se trata de prevenir antes de todo no importa sea las industrias u empresas.

Tanto los aires acondicionados seleccionados como los que están instaladas usan el R-22 como refrigerante, el cual trae algunas implicaciones que se deben tomar en cuenta,

así como precauciones a tomar debido a la seguridad industrial. Siempre existe la posibilidad de ocurrencia de un accidente y entonces como ingenieros se debe pensar en los riesgos y maneras de evitarlos y también precauciones a tomar si ocurre.

El R-22 es un refrigerante de la clase HCFC que contiene el cloro que le da el potencial para dañar el ozono que funciona a alta presión pero con un mínimo desplazamiento del compresor. El R-22 se utiliza especialmente en aplicaciones domésticas, comerciales e industriales y también es empleado como medio para producir fluoropolímeros y como agente suplante en aplicaciones de espuma rígida.

### **3.6.1 Características del R-22**

Este refrigerante es del grupo de los HCFC, inicialmente estaba diseñado para aire acondicionado pero hasta hace poco se emplea para todo.

Evapora a  $-40,8^{\circ}\text{C}$  a presión atmosférica, es miscible con el aceite mineral y sintético pero en bajas temperaturas es recomendable utilizar separador de aceite.

Acepta poco recalentamiento ya que de lo contrario aumentaría demasiado la temperatura de descarga.

Absorbe 8 veces más humedad que el R-12.

Las fugas también se pueden detectar con lámpara.

Existen en la actualidad tres tipos de refrigerantes de la familia de los hidrocarburos halogenados:

1. CFC: (Flúor, Carbono, Cloro), Clorofluorocarbono totalmente halogenado, no contiene hidrógeno en su molécula química y por lo tanto es muy estable, esta estabilidad hace que permanezca durante largo tiempo en la atmósfera afectando seriamente la capa de ozono y es una de las causas del efecto invernadero. (R-11, R-12, R-115). Está prohibida su fabricación desde 1995.
2. HCFC: (Hidrógeno, Carbono, Flúor, Cloro), Es similar al anterior pero con átomos de hidrógeno en su molécula. La presencia de Hidrógeno le confiere menos estabilidad, en consecuencia, se descompondrá en la parte inferior de la

atmósfera y no llegará a la estratosfera. Posee un potencial reducido de destrucción de la capa de ozono. (R-22).

3. HFC: (Hidrógeno, Flúor, Carbono), Es un Fluro carbono sin cloro con átomos de hidrógeno sin potencial destructor del ozono dado que no contiene cloro. (R-134a, 141b).

### **3. 7 Medidas de ahorro propuestas.**

A continuación se muestran un número de medidas que tienen como objetivo reducir el consumo de energía en el servicio eléctrico Cámara 1 para darle al trabajo presente los resultados esperados:

#### Sistemas eléctricos

1. Los responsables de cada local; jefes de departamentos, laboratorios o administradores deben realizar control riguroso en los diferentes locales con el fin de reducir las cargas.
2. Se continuará la recolección y análisis del consumo mensual en la cámara por el energético de la Universidad y la confección del reporte mensual, lo cual debe enfatizar las características particulares del mes que es entregado a la dirección de la Universidad para su análisis.
3. Seccionar los circuitos y situar metro contadores por edificación. Esto permitirá controlar el consumo por áreas y tomar medidas internas. En actualidad no se cuenta con metros contadores, pero se realizó un trabajo para la materialización de esta medida con la OBE Provincial y el Partido, de manera que puedan ser utilizados metro contadores que fueron sustituidos en otros sectores .

En la tabla 3.4 se propone la instalación de los siguientes metros contadores para los edificios que comprende la Cámara:

Tabla 3.4 Propuesta de instalación de nuevos metro contadores.			
SERVICIO	METROCONTADOR	AREA	CONS.(A)
CAMARA No1	1	Rectoría	60
	2	Motel	100
	3	Edif. Suelos	90
	4	Correo (interno)	30
	5	Librería (interno)	30
	6	Edif. Lab. Computación	300
	7	CICT	80
	8	Alumbrado exterior	40

#### Iluminación

1. Seccionar los circuitos de iluminación para compartir su uso.
2. Usar en exteriores temporizadores para controlar el uso de la iluminación.
3. Minimizar en diferentes locales la elevada iluminación.
4. Sustituir lámparas de 20 W por lámparas equivalencias más eficientes por ejemplo las de 18 W con encendido electrónico.

#### Computadoras

1. Continuar aplicando las medidas en Laboratorio de Informática y otros locales donde haya computadoras como son : apagar las PC que no se estén usando , apagar monitor cuando no se hace uso a ello, configurar opción de ahorro para el monitor y disco duro y cuando finalice la jornada laboral apagar la batería backup sin desconectarla de la electricidad.

✚ Sistemas de refrigeración y acondicionamiento de aire

1. Mantener los termostatos en locales climatizados ajustados a 25 °C.
2. Desconectar los equipos de climatización en el horario pico (11 a.m. a 1 p.m. y 5 p.m. a 10 p.m.) en las áreas y oficinas existiendo para ello un responsable según el caso; el jefe de laboratorio de informática o responsables de los locales.
3. Reducir las entradas de aire exterior mediante adecuada hermeticidad de las puertas y ventanas en los locales donde están instalados equipos de climatización y usa donde es necesario cortinas también reducirá el tiempo de apertura de las puertas mediante medidas organizativas.
4. Realizar un análisis económico exhaustivo con el objetivo de ejecutar la inversión de los equipos de climatización seleccionados en este trabajo.
5. En los casos que sea posible, no permitir que personal no autorizado reajuste los termostatos.
6. Dar mantenimiento y limpieza a los equipos de climatización tal como limpiar los filtros de aire regularmente. Los jefes de las áreas donde estén instalados equipos de climatización deben velarán por la ejecución de esta medida.
7. Eliminar el uso innecesario de estos equipos, apagándolos cuando las habitaciones este desocupadas siendo los responsable de esta tarea el jefe del laboratorio de Informática y los responsables de los locales, según sea el caso.
8. Realizar un plan de medidas para la educación energética de los estudiantes y trabajadores.

### **3.8 Conclusiones Parciales**

1. Los meses de mayo, junio y septiembre son los de mayor consumo eléctrico en la cámara debido que estos son meses de intenso calor y además corresponden mayo y junio con el final de curso y septiembre con el inicio, donde son más utilizadas las computadoras y aires acondicionados de los laboratorios de computación .
2. El edificio de Idiomas y laboratorio de informática es el edificio que consume más energía debido a las computadoras y aire acondicionado que se encuentran allí instaladas.
3. Con la aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en el servicio eléctrico se ahorra 1223,72 \$/año debido al cambio de las lámparas de 40W por lámparas de 32W.
4. De acuerdo con los resultados obtenidos de la evaluación del sistema de climatización de los laboratorios de computación se seleccionaron, en función de la capacidad frigorífica requerida Split de la Marca PEAKE.
5. Entre los usuarios de los laboratorios existe falta de conocimiento en general sobre el ahorro de energía eléctrica en los laboratorios de computación.

## **CONCLUSIONES**

---

---

Al concluir la investigación se puede citar las siguientes conclusiones:

- 1- Se aprecia una clara dependencia del consumo de electricidad en la Cámara 1 con el clima y con el momento del curso académico.
- 2- Las medidas organizativas y tecnológicas tomadas derivadas de la aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía han permitido reducir los consumos de energía eléctrica en la Cámara 1 de la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos en los últimos años.
- 3- El consumo de energía eléctrica del edificio de Idioma e Informática es superior a los demás locales constituyendo aproximadamente un 61 % del consumo total de la Cámara debido a la mayor cantidad de computadoras, a los aires acondicionados de ventana y el número de hora de trabajo de los mismos.
- 4- Al evaluar el sistema de refrigeración instalado en los 5 laboratorios de computación se evidencia una mala selección, ya que la carga frigorífica instalada es menor que la que se requiere en cada caso.
- 5- La Universidad de Matanzas se está ahorrando 1019,77 KWH/año y por lo tanto 1223,72 \$/ año por los cambio de las lámparas de 40W a las de 32W efectuados en el curso 2007-2008 en la Cámara 1.
- 6- La selección del mono Split de un compresor de la marca PEAKE tipo PCU/PCUH036 de 36 000 BTU/h para el laboratorio 2 y 4 de tipo PCU/PCUH 048 de 48 000 BTU/h de la misma marca para los laboratorios 3, 4, 5 y 7 garantiza la capacidad frigorífica necesaria y puede contribuir a disminuir el costo por concepto de mantenimiento de las computadoras provocado por no cumplir las condiciones tecnológicas de las mismas.

## **RECOMENDACIONES**

---

---

- 1- Realizar un trabajo educativo con los usuarios, ya sea trabajadores como estudiantes, dirigido a elevar su conciencia energética y que se apliquen las medidas propuestas para el ahorro de energía en los laboratorios de computación.
- 2- Cambiar los aires acondicionados de tipo ventana a los de mono Split de un compresor de la marca PEAKE tipo PCU/PCUH036 de 36 000 BTU/h para el laboratorio 2 y 4 de tipo PCU/PCUH 048 de 48 000 BTU/h de la misma marca para los laboratorios 3, 4, 5 y 7.
- 3- Aplicar las medidas de ahorro propuestas para combatir el problema de un alto consumo de la electricidad en los edificios de la cámara 1 de la Universidad de Matanzas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

---

1. Argentina, R (2003). Ciclo de refrigeración elemental, tema 4. (Curso on line)(Consultado 25 de mayo). Disponible en:<http://refrigeracion.mforos.com/119244/1137122-ciclo-de-refrigeracion-elemental-tema-4/>
2. *Alvarez et al (2008). Temas Avanzados de Refrigeracion y Climatizacion. Editorial UNIVERSO SUR Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos "Carlos R. Rodríguez" . ISBN 978-959-257-180-8. 105p.*
3. Autores. Somos distribuidores exclusivos de la marca Reef Mat- Información sobre gases refrigerantes. La Habana Cuba. [on line] (fecha consultado: 10.06.09).p 1-2. Disponible en <http://maximatec.com/downloads/GasesRefrigerantes.pdf>
4. Autores, C. d. (2002). *Gestión energética empresarial*. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos " Carlos R. Rodríguez".
5. Campos Avella, J. C (1998) *Eficiencia en la Gestión Empresarial* Universidad de Cienfuegos.
6. Campos Avella, J.C. y otros (1999). "La eficiencia energética en la competitividad de las empresas."CEEMA. Universidad de Cienfuegos.
7. CEEMA. (2005). *Tecnología de Gestión Eficiente Total de Energía* . Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos "Carlos R. Rodríguez" .
8. CEEMA. (2007). *Gestión Energética en el sector productivo y los servicios*. Universidad de Cienfuegos "Carlos R. Rodríguez" . Editorial Universidad de Cienfuegos . ISBN 978-959-257-131-0.p76-78.
9. Cochram, W.G. Técnicas de Muestreo. México: Editorial Continental.

10. Cockerill, A.C. (1996). Engineering statistics and quality control. En AVALLONE, EA. y BAUMEISTER, T. Marks' standard handbook for mechanical engineers. 10ma edition. New York: McGraw-Hill. Section 17, p.19-25. ISBN0-07-004997-1.
11. Costo Net. (2009). Sistema de informaciones de costo y materiales para la construcción. (On line) (Fecha consultada 11 de junio 2008). Disponible en: [www.costonet.com.mx/principal.asp?orden=2](http://www.costonet.com.mx/principal.asp?orden=2)
12. Dixon, W.J, Massey. F.J. (1974). Introducción al Análisis Estadístico. Edición Revolucionaria. 2da Edición. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana.
13. Eillon, S. (1980). Tablas Estadísticas. Edición Revolucionaria. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana. Tabla 2 p.16.
14. Espinosa Pedraja, R. (1991). Ahorro y uso racional de la energía. Parte I / Rubén Espinosa Pedraja, Antonio Reymond Alamo. -- Facultad Química-Farmacia. UCLV.
15. García Dodero Vicente, S. F. (2001). Fundamento y anteproyecto de ley para promover la eficiencia energética en Venezuela. Santiago de Chile: Publicación de las Naciones Unidas.
16. García Osvaldo, G. J. (2003). Sobre la aplicación de la gestión total eficiente de la energía en la Universidad de Matanzas. *Conferencia Internacional de Energía Renovable*. La Habana.
17. García Osvaldo, G. J. (2005). Diagnóstico energético de algunos consumidores eléctricos en la UMCC. Matanzas, Cuba.
18. García Osvaldo, et al (2008). Experiencias de Aplicaciones de La TGTEE en la Universidad de Matanzas 'Camilo Cienfuegos'. Fecha de publicación 24 de Abril 2008. CD de memorias de V Taller Internacional de Energía y Medio Ambiente de La Universidad de Cienfuegos. [Fecha consulta: 2 de febrero, 2008]. ISBN 978 959 257 1860 p. 15-24.

19. González Fernández, M. D. (2005). Análisis de los consumos de portadores y Sistemas Energéticos fundamentales de Villa Lamar. Tesis de Maestría de Termoenergética Industrial. CECYEN. Universidad de Matanzas. Matanzas.
20. HQ AU/XOPA. (1996). Sampling and Surveying Handbook: Guidelines for planning, organizing, and conducting surveys. Department of Defense. United States Government.
21. López, A. (2007). Aplicación de la tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en el servicio eléctrico Cámara 1 de la Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Tesina Diplomado de Formación Básica de eficiencia Energético. CECYEN. Universidad de Matanzas. Matanzas.
22. López Gómez, A. (1994). Tecnologías energéticas eficientes en industrias agroalimentarias. Revista Alimentación equipos y tecnología, (España); Marzo 1994.
23. Lowry, R. (2004). Concepts and Applications of Inferential Statistics. New York : Vassar College Publications.
24. MES (2007). Informe sobre el cumplimiento de las nuevas medidas de ahorro de electricidad para el sector estatal en el año 2007. Ciudad de La Habana. Cuba.
25. NC 92-21:79. Procedimiento para evaluar la anormalidad de los resultados de las observaciones. La Habana: Comité Estatal de Normalización, 1979.
26. Nómina del departamento de Mantenimiento especializado. Departamento de Contabilidad y Finanzas. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
27. Nordelo, A.B. et al (2007). Eficiencia Energética en Sistemas Termo mecánicos. Universidad de Cienfuegos. Editorial UNIVERSO SUR Universidad de Cienfuegos ISBN 978-959-257-133-4.
28. Oramas, M (2006). Conferencia de la asignatura Refrigeración, Climatización y Ventilación. [on line][consulta 25 Abril 2009]. Disponible en:

[http:// fiqm.umcc.cu/dptos/CECYEN/mait/refrigeración/pagina.html](http://fiqm.umcc.cu/dptos/CECYEN/mait/refrigeración/pagina.html)

29. Polaino, L et al. (1987). Instalaciones de climatización. Editora ISPJAE.CUJAE Ciudad de La Habana.Cuba.74-141p
30. Rodríguez Castellón, (2002).Evolucion y cambios en el sector Energético de Cuba en los años noventa.Energia, 121p:60-72.
31. Ruffín, G. (2006). Informe conclusivo de la primera etapa “PCGTEE” de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Matanzas, Cuba.
32. Ruffín, G.Q. et al (2009). Aplicación de la Segunda Etapa de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE) en la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. CIUM IV Convención Científica Internacional. Universidad de Matanzas.
33. Santiago, R. C. (2002). Evolución y cambios en el sector energético de Cuba en los años noventa. (121).

---

## **BIBLIOGRAFÍAS COMPLEMENTARIAS**

- 34 .Bachini, R (1993). Elementos necesarios para la realización de un proyecto de Gestión Energética. Revista Ingeniería Química. España.
35. González Vale, Roberto (1989). Ahorro de energía eléctrica en la industria. Revista Energía. Comisión Nacional de Energía. La Habana; marzo 1989.

# *ANEXOS*

**ANEXO 1: Datos de la factura de la electricidad de la UMCC.**

REAL ELECTRICIDAD 2008 UMCC.													
SERVICIO	KW-H/MN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCTUB.	NOVIEM.	DICIEM.
CAMARA 1	CONSUMO	25282	30124	32110	22263	27071	30071,0	28537	24469	26488	29270	31050	24876
	COSTO	2482,23	2863,99	3028,17	2285,91	2695,28	2864,38	2885,38	2486,94	2594,11	3541,68	3091,35	2476,68
CAMARA 2	CONSUMO	26132	25670	27515	20058	24112	23285,0	21085	18465	21671	23200	25305	21489
	COSTO	2642,94	2586,04	2738,50	2186,60	2531,63	2392,63	2319,93	2058,77	2280,60	3051,68	2678,59	2280,55
CAMARA 3	CONSUMO	35493	39756	38330	30494	30675	28537,0	22253	18944	20567	23760	25976	23306
	COSTO	3727,98	4049,28	3938,67	3306,08	3324,48	3018,58	2619,24	2407,58	2543,78	3416,87	3072,87	2773,37
CAMARA 4	CONSUMO	1200	1600	2400	1600	2400	3200,0	2800	1200	1200	2000	1600	1200
	COSTO	385,01	417,20	513,31	422,33	490,71	549,91	531,32	388,57	385,53	501,37	424,97	386,39
FAC.INDUST.	CONSUMO	11945	14901	14342	15509	16344	18986,0	14101	2180	12983	19004	18904	12270
	COSTO	1345,60	1581,00	1524,63	1681,17	1750,89	1921,77	1590,48	538,15	1437,65	2405,99	2003,64	1386,73
LAVANDERIA	CONSUMO	6600	6960	9040	6760	6560	7120,0	12080	13160	11680	10640	10240	9600
	COSTO	575,08	600,90	771,95	605,23	587,27	614,43	1087,70	1160,83	1003,50	1176,08	920,81	836,10
CASA VISITA (ISAICC C.C.)	CONSUMO	1003	1257	1181	1009	1402	1351	2073	5957	2551	1027	675	1028
	COSTO	132,61	173,83	163,75	140,82	197,77	190,39	285,38	854,53	361,21	142,52	112,05	147,04
A.MANZANO (SEDE UNIV.)	CONSUMO	472	388	478	480	509	355	346	469	574	482	626	565
	COSTO	62,41	55,04	65,86	67,04	71,80	50,03	47,63	67,28	81,28	66,27	103,91	80,74
A.SAN J.DIOS.(CTRO UNIV.ALB.)	CONSUMO	428	100	101	99	100	0	0	74	0	113	187	226
	COSTO	56,58	13,83	13,89	13,83	14,11	0,00	0,00	10,62	0,00	15,68	31,04	32,30
<b>TOTAL</b>	<b>CONSUMO</b>	<b>108555</b>	<b>120756</b>	<b>125497</b>	<b>98272</b>	<b>109173</b>	<b>112905</b>	<b>103275</b>	<b>84918</b>	<b>97714</b>	<b>109496</b>	<b>114563</b>	<b>94560</b>
	<b>COSTO</b>	<b>11410,44</b>	<b>12341,11</b>	<b>12758,73</b>	<b>10709,01</b>	<b>11663,94</b>	<b>11602,12</b>	<b>11367,06</b>	<b>9973,27</b>	<b>10687,66</b>	<b>14318,14</b>	<b>12439,23</b>	<b>10399,90</b>

TOTAL
331611
33296,10
277987
29748,46
338091
38198,78
22400
5396,62
171469
19167,70
110440
9939,88
20514
2901,90
5744
819,29
0
0
1428
201,88
0
0
1279684
139670,61

**ANEXO 2: Consumo de la cámara 1 para los últimos 6 años.**

			KW-H			
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Mes						
enero	17083	16942	19956	30298	29107	25282
febrero	20152	20563	22157	12009	30042	30124
marzo	19885	19956	27709	29107	32043	32110
abril	20832	20743	28256	29093	33090	22263
mayo	21593	22215	30784	34985	35070	27071
junio	17328	23083	34168	42512	38819	30071,0
julio	17680	27871	26577	29107	32288	28537
agosto	19231	25445	30298	22196	26583	24469
septiembre	24295	27609	32464	36116	36361	26488
octubre	19473	27385	32389	33677	33677	29270
noviembre	19131	37007	31980	34153	26732	31050
diciembre	15043	16200	30542	26430	23657	24876
Total	231726	285019	347280	359683	377469	331611

**ANEXO 3: Cálculo de la Carga frigorífica de los sistemas de climatización en los 5 laboratorios del edificio de Idiomas.**

CALCULO DE Q frigorías LAB.2							
A área de la habitación	736,88	FRIG para cuarto bajo ocupado	<b>Datos:</b>				
			<b>largo del Cuarto</b>	7,55			
B pared más expuesta al sol	558,7	FRIG	<b>ancho del Cuarto</b>	6,1			
			<b>ventanas:</b>				
C otras paredes	493,75	FRIG	<b>sur:</b>				
			<b>largo</b>	2,65			
D ventanas más expuestas al sol	0	FRIG	<b>ancho</b>	1,71	área sur	4,5315	
			<b>norte:</b>		área norte	1,431	
E otras ventanas	256,3875	FRIG	<b>largo</b>	2,65	área total	5,9625	
			<b>ancho</b>	0,54			
Por personas	2550	FRIG	<b>No. de computadores</b>	17	5100	watts	
Por aparatus	4633,68	FRIG	<b>lámparas</b>	9	288	watts	
Q frigorías	9229,40	FRIG					
	36673,10265	BTU/h					
	3,056091887	Ton.					
CALCULO DE Q frigorías LAB.3							
A área de la habitación	736,88	FRIG para cuarto bajo ocupado	<b>Datos:</b>				
			<b>largo del Cuarto</b>	7,55			
B pared más expuesta al sol	558,7	FRIG	<b>ancho del Cuarto</b>	6,1			



				norte:		área norte	1,431
Por personas		2550	FRIG	largo	2,65	área total	5,9625
				ancho	0,54		
Por aparatus		4633,68	FRIG				
				No. de computadores	17	5100	watts
Q frigorías		9229,40	FRIG	lámparas	9	288	watts
		36673,10265	BTU/h				
		3,056091887	Ton.				

**ANEXO 3: Cálculo de la Carga frigorífica de los sistemas de climatización en los 5 laboratorios del edificio de Idiomas.**

CALCULO DEL Q frigorías LAB.7							
A área de la habitación		736,88	FRIG para cuarto bajo ocupado	Datos:			
				largo del Cuarto	7,55		
B pared más expuesta al sol		558,7	FRIG	ancho del Cuarto	6,1		
C otras paredes		493,75	FRIG				
				ventanas:			
D ventanas más expuestas al sol		0	FRIG	sur:			
				largo	2,65		
E otras ventanas		256,3875	FRIG	ancho	1,71	área sur	4,5315
				norte:		área norte	1,431
Por personas		2550	FRIG	largo	2,65	área total	5,9625
				ancho	0,54		
Por aparatus		4633,68	FRIG				
				No. de computadores	17	5100	watts
Q frigorías		9229,40	FRIG	lámparas	9	288	watts
		36673,10265	BTU/h				

	3,056091887	Ton.				
--	-------------	------	--	--	--	--

**ANEXO 3: Cálculo de la Carga frigorífica de los sistemas de climatización en los 5 laboratorios del edificio de Idiomas.**

CALCULO DE Q  
frigorías LAB.4

A área de la habitación	736,88		FRIG para cuarto bajo ocupado			
				<b>Datos:</b>		
				<b>largo del</b>	7,55	
B pared más expuesta al sol	558,7	FRIG		<b>Cuarto ancho del</b>	6,1	
				1 tonelada = 3020 Frigorías		
				1 tonelada = 12000 BTU/h		
C otras paredes	493,75	FRIG		1BTU/h = 0,293071 Watt		
D ventanas más expuestas al sol	0	FRIG		<b>sur:</b>		
				<b>largo</b>	2,65	
E otras ventanas	1230,66	FRIG		<b>ancho</b>	1,71	área sur área
				<b>norte:</b>		27,189
				<b>largo</b>		1,431
Por personas	3000	FRIG		<b>ancho</b>	2,65	total
					0,54	28,62
Por aparatus	5407,68	FRIG				
				<b>No. de</b>		
				<b>computadores</b>	20	6000 watts
Q frigorías	11427,67	FRIG		<b>lámparas</b>	9	288 watts

*Aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en el servicio eléctrico Cámara 1 de la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos (UMCC)*

		45407,9602 6	BTU/h				
		3,78399668 9	Ton.				

**ANEXO 4: Encuesta aplicada a los usuarios de los 5 laboratorios de computación.**

**Encuesta sobre eficiencia energética en laboratorios de Computación**

**Trabajador** \_\_\_\_\_ **Estudiante** \_\_\_\_\_

1. Sobre el consumo de energía eléctrica en los laboratorios de Computación de la UMCC usted se considera informado:

Ampliamente \_\_\_ Suficiente \_\_\_ Escasamente \_\_\_ No informado \_\_\_

2. En el laboratorio de computación puede usted ahorrar energía:

Si \_\_\_ No \_\_\_ No sé \_\_\_

3. Se aplican en el laboratorio de computación las medidas establecidas para el ahorro de energía eléctrica en las computadoras:

Si \_\_\_ No \_\_\_ No sé \_\_\_

4. Sobre los aires acondicionados que se encuentran instalados se dispone de instrucciones de operación y mantenimiento:

Si \_\_\_ No \_\_\_ No sé \_\_\_

5. Evalúe de Excelente (E), Bien (B), Regular (R), Mal (M) o Sin Criterio (S/C), marcando con una cruz en la casilla correspondiente.

No	Aspectos	E	B	R	M	S/C
a)	Estado técnico de los aires acondicionados					
b)	Mantenimiento de los aires acondicionados.					
c)	Hermeticidad de las habitaciones con climatización					
d)	Medidas organizativas para reducir el tiempo de apertura de puertas de habitaciones con climatización					
e)	Temperatura ambiente en habitaciones con climatización					
f)	Tiempo de parada del aire acondicionado					

## ANEXO 5: Catalogo de PEAKE mono Split.



Mono Split



Compresor

Model / Modelo		009	012	018	024	030	036	048	060	
Nominal Cooling Capacity <i>Capacidad nominal de enfriamiento</i>	Btu/h	9,000	12,000	18,000	24,000	30,000	36,000	48,000	60,000	
Nominal Heating Capacity <i>Capacidad nominal de calefacción</i>	Btu/h	9,000	12,000	18,000	24,000	30,000	36,000	48,000	60,000	
Air Volume <i>Volumen del aire</i>	cfm	800	800	900	1,200	1,250	1,800	2,400	2,400	
Dimension W x D x H <i>Dimensión ancho x profundidad x largo</i>	mm	W	705	705	705	830	830	830	908	908
		D	252	252	252	330	330	330	405	405
		H	529	529	529	649	649	955	955	955
Net Weight / <i>Peso neto</i>	kg	30	30	42	63	65	76	88	89	
Power Supply <i>Suministro de energía</i>	V-Ph-Hz	Available in 220/240-1-50 and 208/230-1-50/60 <i>Disponible en 220/240-1-50 y 208/230-1-50/60</i>								
MCA		5.94	7.25	10.62	15.12	19.25	21.60	34.60	39.90	
MOCP		10	15	20	25	35	40	60	70	
Power Input 60 Hz <i>Energía de entrada 60 Hz</i>	W	983	1,200	1,799	2,560	3,188	3,945	5,796	6,813	
Running Current (RLA) <i>Corriente (RLC)</i>	A	4.75	5.80	8.50	12.10	15.40	17.50	26.50	30.70	
Starting Current (LRA) <i>Corriente de arranque (LRA)</i>	A	21.50	29.00	38.00	58.00	73.00	77.90	115.500	136.50	
Compressor Type <i>Tipo de Compresor</i>		Rotary <i>Rotativo</i>						Reciprocating Hermetic <i>Hermético alternativo</i>		
Refrigerant / <i>Refrigerante</i>		R22								
Propeller Fan Diameter <i>Modelo de ventilador</i>		16"	16"	16"	18"	18"	18"	22"	22"	
Piping Connections <i>Conexión de tubería</i>										
Suction / <i>Succión</i>	in.	3/8"	1/2"	1/2"	5/8"	5/8"	3/4"	3/4"	3/4"	
Liquid / <i>Líquido</i>	in.	1/4"	1/4"	1/4"	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	
Electrical / <i>Eléctrica</i>	in.	1 3/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 3/8"	
Condenser Coil <i>Serpentín condensador</i>		Copper Tube / Aluminum Fins <i>Tubo de cobre/ aletas de aluminio</i>								

*Aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en el servicio eléctrico Cámara 1 de la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos (UMCC)*

<b>Face Area / Area frontal</b>	<b>ft2</b>	3.51	3.51	3.51	5.73	5.73	8.59	10.34	10.34
<b>Rows ... Fins per inch Aletas por pulgadas</b>		1...19	1...19	2...14	2...14	2...14	2...14	2...14	2...14

<i>Diseño compacto que permite uso en espacio mínimo.</i>	<i>Puede ser instalado en casi todas partes.</i>	<i>Ventilador de tirada y descarga lateral del condensador, permite mayor eficiencia en transferencia de calor a través del serpentín del condensador.</i>	<i>Gabinetes y paneles para todo clima, con pintura de polvo horneado y contruidos de acero galvanizado de primera calidad inmerso al calor.</i>
<i>Guarda serpentín estándar.</i>	<i>Protección interna para compresor y motor.</i>	<i>Bomba de calor disponible (PCUH).</i>	<i>Auto detección de condiciones de congelación, activa automáticamente el ciclo de descongelación (PCUH).</i>
<i>Available in 50Hz and 60Hz. Disponible en 50 y 60 ciclos</i>			

## ANEXO 6: Listado de los Precios de aire acondicionado de la Marca PEAKE

Caracas, 14 de Junio de 2005

p.1



Att: Departamento de Compras

Equipos de Ventana

Equipo de Ventana de 12.000 BTU/HR	<b>Bs. 640.000 + IVA</b>
Equipo de Ventana de 15.000 BTU/HR	<b>Bs. 730.000 + IVA</b>
Equipo de Ventana de 18.000 BTU/HR	<b>Bs. 910.000 + IVA</b>
Equipo de Ventana de 24.000 BTU/HR	<b>Bs. 1.000.000 + IVA</b>
Equipo de Ventana de 36.000 BTU/HR	<b>Bs. 1.890.000 + IVA</b>

Mini-Split PEAKE paquete completo con consola de PARED Y KIT DE INSTALACION

Consola de pared con control Remoto de 12.000 BTU/HR	<b>Bs. 969.000 + IVA</b>
Consola de pared con control Remoto de 18.000 BTU/HR	<b>Bs. 1.214.000 + IVA</b>
Consola de pared con control Remoto de 24.000 BTU/HR	<b>Bs.1.570.000+ IVA</b>

Mini-Split PEAKE con consola Piso-Techo paquete completo

Paquete Conden. Vert y Consola Piso-Techo de 36.000 BTU/HR	<b>Bs. 2.146.000 + IVA</b>
Paquete Conden. Vert y Consola Piso-Techo de 48.000 BTU/HR	<b>Bs. 2.833.000 + IVA</b>
Paquete Conden. Vert y Consola Piso-Techo de 60.000 BTU/HR	<b>Bs. 2.939.000 + IVA</b>

Condensadora Horizontal PEAKE

Condensadora Horizontal de 12.000 BTU/HR Monofásica	<b>Bs. 659.000 + IVA</b>
Condensadora Horizontal de 18.000 BTU/HR Monofásica	<b>Bs. 752.000 + IVA</b>

*Aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en el servicio eléctrico Cámara 1 de la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos (UMCC)*

Condensadora Horizontal de 24.000 BTU/HR Monofásica	<b>Bs.1.020.000 + IVA</b>
Condensadora Horizontal de 36.000 BTU/HR Monofásica	<b>Bs. 1.280.000 + IVA</b>
Condensadora Horizontal de 48.000 BTU/HR Monofásica	<b>Bs. 1.780.000 + IVA</b>
<b>000</b> Condensadora Horizontal de 60.000 BTU/HR Monofásica	<b>Bs. 1.895.000 + IVA</b>
Condensadora Horizontal de 36.000 BTU/HR Trifásica	<b>Bs.1.420.000 + IVA</b>
Condensadora Horizontal de 48.000 BTU/HR Trifásica	<b>Bs. 1.840.000 + IVA</b>
Condensadora Horizontal de 60.000 BTU/HR Trifásica	<b>Bs. 1.950.000+ IVA</b>

Conjunto Condensadora Vertical con Evaporador Gabinete Paquete Completo

Conjunto Conden. Vert. y Evaporadora Gabinete 3 Toneladas	<b>Bs. 2.065.000 +IVA</b>
Conjunto Conden. Vert. y Evaporadora Gabinete 4 Toneladas	<b>Bs. 2.719.000 + IVA</b>
Conjunto Conden. Vert. y Evaporadora Gabinete 5 Toneladas	<b>Bs. 2.928.000 + IVA</b>
Conjunto Conden. Vert. y Evap. Gabinete 5 Ton. Trifásica	<b>Bs. 3.090.000 +IVA</b>
Conjunto Conden. Vert. y Manejadora de aire PAH 8 Tonelada	<b>Bs. 7636.000 + IVA</b>
Conjunto Conden. Vert. y Manejadora de aire PAH 10 Tonelada	<b>Bs. 9.775.000 + IVA</b>

**INSTALACIONES Y PRESUPUESTOS DE LOS EQUIPOS FAVOR LLAMAR**

Zona Rental de Plaza Venezuela, Edif. Villanueva, Local K, Caracas 1060 Telefax: (212) 793.9857 Cel. (0416) 630.9497

Email: [inversioneslegorburu@cantv.net](mailto:inversioneslegorburu@cantv.net)

**ANEXO 6: Listado de los Precios de aire acondicionado de la Marca PEAKE**



p.2

Condensadora Vertical PEAKE

Condensadora Vertical de 3 Toneladas / 1 / 60	<b>Bs. 1.176.000 + IVA</b>
Condensadora Vertical de 4 Toneladas / 1 / 60	<b>Bs. 1.634.000 + IVA</b>
Condensadora Vertical de 5 Toneladas / 1 / 60	<b>Bs. 1.740.000 + IVA</b>
Condensadora Vertical de 3 Toneladas / 3 / 60	<b>Bs. 1.382.000 + IVA</b>
Condensadora Vertical de 4 Toneladas / 3 / 60	<b>Bs. 1.796.000 + IVA</b>
Condensadora Vertical de 5 Toneladas / 3 / 60	<b>Bs. 1.900.000 + IVA</b>
Condensadora Vertical de 8 Toneladas / 3 / 60	<b>Bs. 4.650.000 + IVA</b>
Condensadora Vertical de 10 Toneladas / 3 / 60	<b>Bs. 6.480.000 + IVA</b>

Condensadores Multi-Split PEAKE

Condensadora Multi-Split de 2 X 12.000 BTU/HR	<b>Bs. 1.856.000+ IVA</b>
Condensadora Multi-Split de 3 X 12.000 BTU/HR	<b>Bs.2.785.000 + IVA</b>
Condensadora Multi-Split de 4 X 12.000 BTU/HR	<b>Bs. 3.715.000 + IVA</b>
Condensadora Multi-Split de 2 X 18.000 BTU/HR	<b>Bs. 2.285.000 + IVA</b>
Condensadora Multi-Split de 2 X 24.000 BTU/HR	<b>Bs. 2.579.000 + IVA</b>
Condensadora Multi-Split de 1 X 18.000 / 1 X 12.000 BTU/HR	<b>Bs. 2.040.000 + IVA</b>
Condensadora Multi-Split de 1 X 18.000 / 2 X 12.000 BTU/HR	<b>Bs. 2.940.000 + IVA</b>
Condensadora Multi-Split de 1 X 24.000 / 2 X 12.000 BTU/HR	<b>Bs. 3.278.000 + IVA</b>

## **ANEXO 6: Listado de los Precios de aire acondicionado de la Marca PEAKE**

### Compactos PEAKE

Compacto de 36.000 BTU/HR	<b>Bs. 2.260.000 + IVA</b>
Compacto de 48.000 BTU/HR	<b>Bs.2.800.000 + IVA</b>
Compacto de 60.000 BTU/HR	<b>Bs. 3.200.000 + IVA</b>
Compacto de 8 Toneladas	<b>Bs. 7.750.000+ IVA</b>
Compacto de 10 Toneladas	<b>Bs. 9.670.000 + IVA</b>

### Fancoil PEAKE

Fancoil de 12.000 BTU/HR	<b>Bs. 425.000 + IVA</b>
Fancoil de 18.000 BTU/HR	<b>Bs. 464.000 + IVA</b>
Fancoil de 24.000 BTU/HR	<b>Bs. 474.000 + IVA</b>
Fancoil de 36.000 BTU/HR	<b>Bs. 737.000 + IVA</b>
Fancoil de 48.000 BTU/HR	<b>Bs. 845.000 + IVA</b>
Fancoil de 60.000 BTU/HR	<b>Bs. 880.000 + IVA</b>

INSTALACIONES Y PRESUPUESTOS PARA LOS EQUIPOS FAVOR LLAMAR

### **Todo en Aire Acondicionado y Refrigeración.**

**Equipos residenciales e industriales, repuestos, la más amplia gama de marcas a los mejores precios.**

*Zona Rental de Plaza Venezuela, Edif. Villanueva, Local K, Caracas 1060*  
*Telefax: (212) 793.9857 Cel. (0416) 630.9497* *Email:*  
***inversioneslegorburu@cantv.net***

**ANEXO 7A: Calculo del costo del ciclo de la Vida de la variante 1.**

Calculo de CCV de la Marca PEAKE							
$VPN_{COSTOS} = K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Fc_i}{(1+D)^i}$							
						Ko=	C <sub>inst</sub> + C <sub>equip.</sub> <b>2017,8</b>
						C <sub>eltotal</sub>	2015,9
				D	201,78	C <sub>man.</sub>	60,53
				Fc	2076,43	C <sub>inst</sub>	<b>584,2</b>
						C <sub>equip</sub>	1433,6
años	1	2	3	4	5		
ko	2017,8						
Fc	2076,43	1874,65	1672,87	1471,09	1269,31		
D	201,78						
	$\sum_{i=1}^n \frac{Fc_i}{(1+D)^i}$						
	10,23981655	0,045590038	0,000200626	8,70039E-07	3,70205E-09		
		$\frac{Fc_i}{(1+D)^i}$	10,28560809				
<b>VPN costo</b>	<b>2028,085608</b>						



## ANEXO 8. Criterios de consumo de energía eléctrica

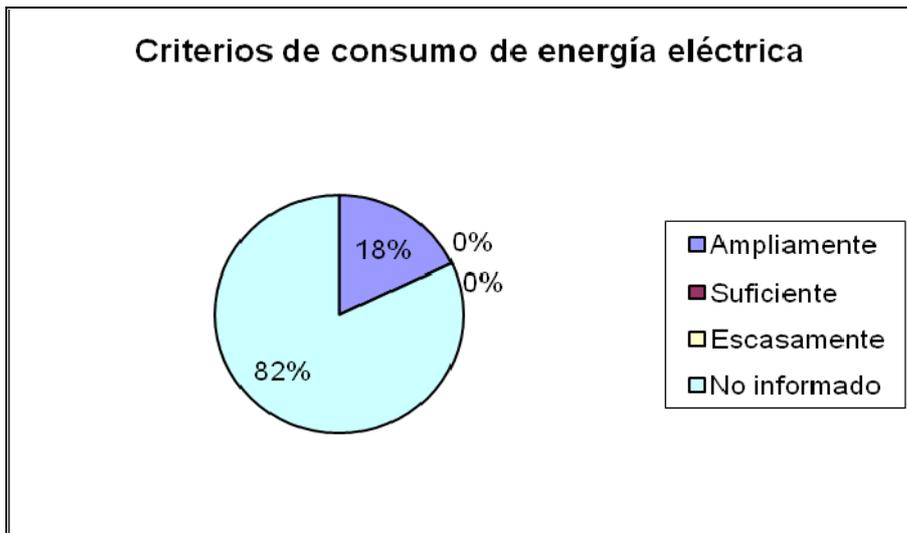
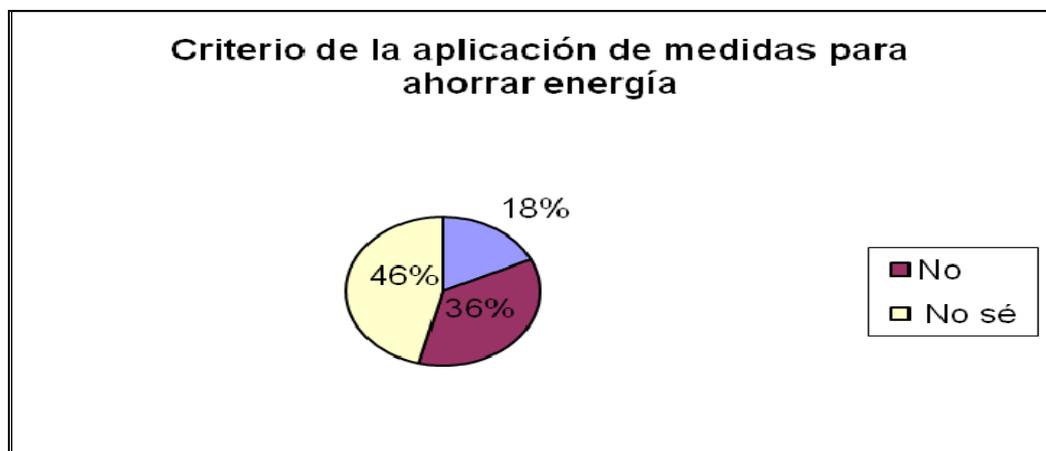


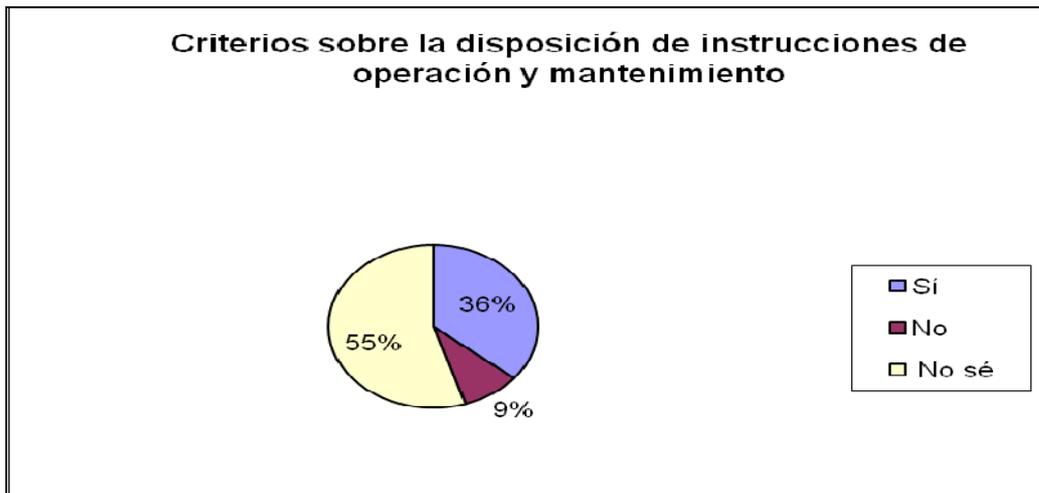
Tabla. Resumen de los resultados de la preguntas 2 al 4 según los estudiantes.

	Sí		No		No Sé	
	n	%	n	%	n	%
Criterio de si se puede ahorrar energía	76	55	13	9	50	36
Criterio de si se aplica la medidas establecidas para el ahorra en los laboratorios	25	18	50	36	64	46
Criterios sobre la disposición de instrucciones de operación y mantenimiento	50	36	13	9	76	55

**ANEXO 9. Criterio de si se puede ahorrar energía y si se aplican medidas.**

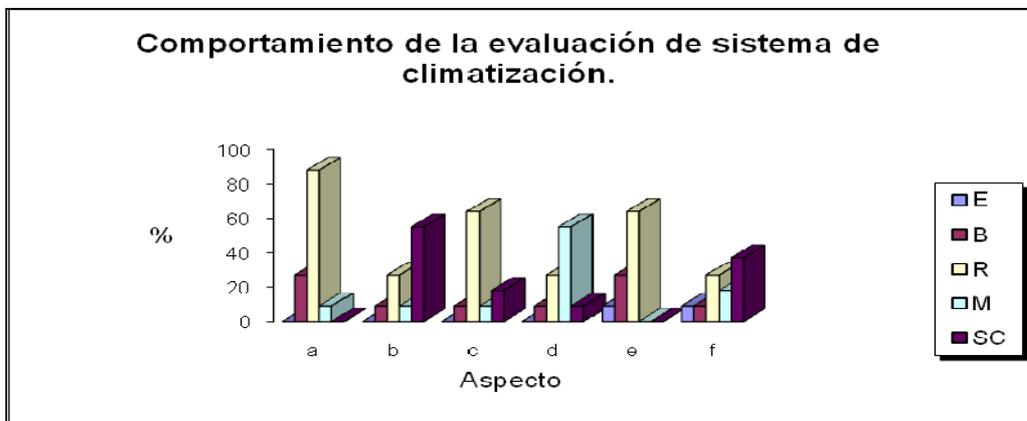


**ANEXO 10. Criterios sobre la disposición de instrucciones de operación y mantenimiento.**



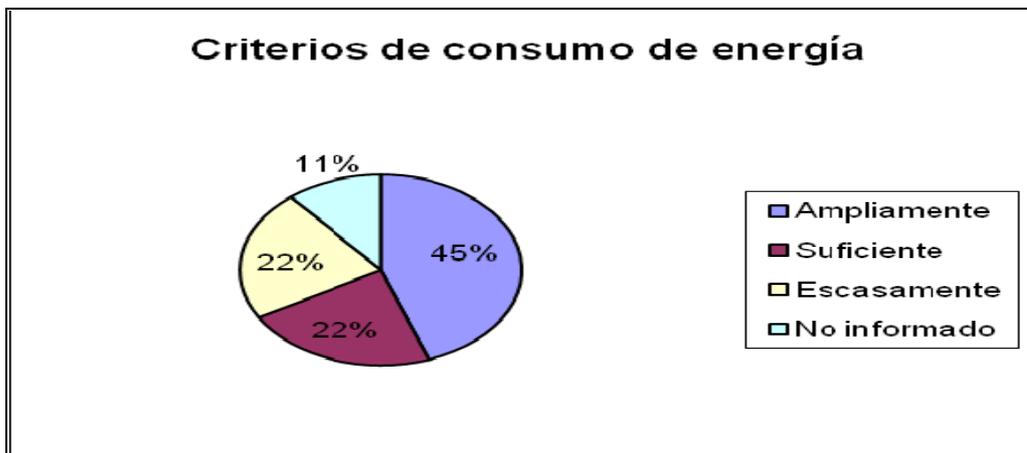
**ANEXO 11. Resultados del comportamiento de la evaluación del sistema de climatización según los Estudiantes**

Calificaciones:										
Aspectos	Excelente		Bien		Regular		Mal		Sin Criterio	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
a	0	0	38	27	88	64	13	9	0	0
b	0	0	13	9	38	27	13	9	75	55
c	0	0	13	9	88	64	13	9	25	18
d	0	0	13	9	38	27	75	55	13	9
e	13	9	38	27	88	64	0	0	0	0
f	13	9	13	9	38	27	25	18	51	37



**Anexo 12. Criterios de consumo de energía eléctrica según los trabajadores.**

Ampliamente		Suficiente		Escasamente		No Informado	
n	%	n	%	n	%	n	%
4	44,45	2	22,22	2	22,22	1	11,11



**ANEXO 13. Resumen de los resultados de la preguntas 2 al 4**

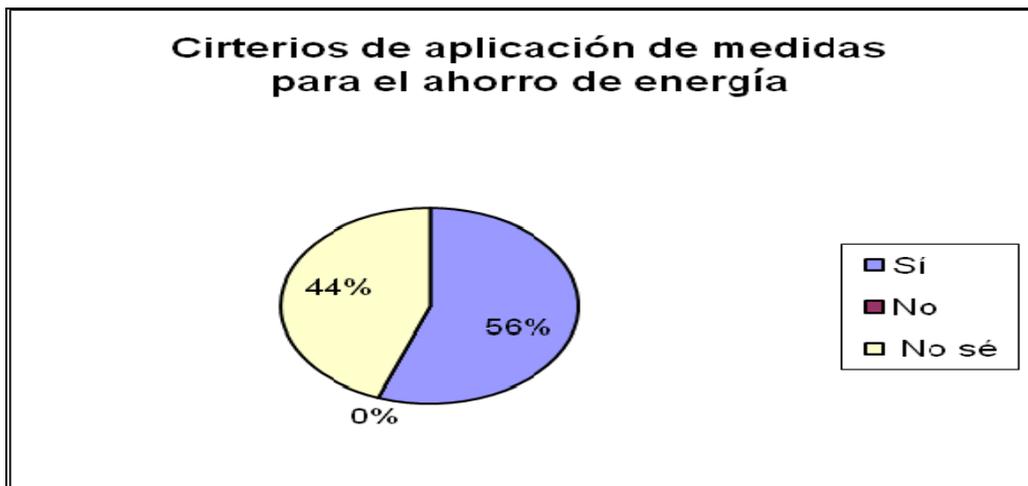
	Sí		No		No Sé	
	n	%	n	%	n	%
Criterio de si se puede ahorrar energía	6	66,7	3	33,3	0	0
Criterio de si se aplica la medidas establecidas para el ahorra en los laboratorios	5	55,6	0	0	4	44,4
Criterios sobre la disposición de instrucciones de operación y mantenimiento	3	33,3	4	44,44	2	22,22

**Figura 1.**



**ANEXO 13. Continuación.**

**Figura 2.**



**Figura 3.**



**Anexo 14. Resultados del comportamiento de la evaluación del sistema de climatización según los Trabajadores.**

Calificaciones:										
Aspectos	Excelente		Bien		Regular		Mal		Sin Criterio	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
a	0	0	3	33,3	3	33,3	3	33,4	0	0
b	0	0	2	22,2	4	44,5	1	11,1	2	22,2
c	0	0	5	55,6	3	33,3	0	0	1	11,1
d	0	0	5	55,6	2	22,2	1	11,1	1	11,1
e	0	0	8	88,9	0	0	0	0	1	11,1
f	0	0	4	44,5	1	11,1	0	0	4	44,4

