

**UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN.  
“OSCAR LUCERO MOYA”  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA ELEVAR LA  
EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA  
CLIMATIZACIÓN EN LA UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN  
“OSCAR LUCERO MOYA”.**

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO  
ACADÉMICO DE MASTER EN EFICIENCIA ENERGÉTICA**



**Autor: Ing. Romilio Montero Sarmiento**

**Holguín, julio de 2014**

**UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN.  
“OSCAR LUCERO MOYA”  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA ELEVAR LA  
EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA CLIMATIZACIÓN EN LA  
UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN “OSCAR LUCERO MOYA”.**

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO DE  
MASTER EN EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**Autor: Ing. Romilio Montero Sarmiento**

**Tutor: DrC. Karel Joel Arencibia Ávila**

**Holguín, julio de 2014**

# PENSAMIENTO

*“La ciencia comienza con las mediciones”*

*Mendeleiev.*

## AGRADECIMIENTOS

*A: Todos los que contribuyeron a la realización de este trabajo, a mis padres, esposa, a Gaby y Miguel.*

## RESUMEN

Esta tesis aborda el estudio de la eficiencia energética en la Universidad de Holguín en su Sede “Oscar Lucero Moya”, específicamente en la energía que se consume por el concepto de climatización de locales caracterizados por altos consumos del portador electricidad. Ello es el resultado del proceso de investigación del problema, que se define: ¿Cómo elevar la eficiencia energética en el uso de la climatización en la Universidad de Holguín sede “Oscar Lucero Moya”?; trabajo que tuvo por objetivo proponer un plan de mejoras para disminuir el consumo de energía en la Universidad de Holguín, sede Oscar Lucero Moya por el concepto de climatización de locales. Para resolverlo, el autor acometió un sistema de tareas que comenzó por la revisión bibliográfica, la observación científica, las mediciones, los cálculos de carga térmica y la valoración de los resultados obtenidos a partir de la aplicación de un procedimiento, que toma como base la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía .Dentro de los resultados de la investigación se elabora un plan de medida que en manos de la administración ayudará en la toma de decisiones, como principal aporte práctico del trabajo.

## **SUMMARY**

The following paper is concerned with an efficiency research developed at the university of Holguín "Oscar Lucero Moya"; it is specifically related to the energy consumed by the notion of acclimatization of rooms which have been characterized for their high levels of electricity consumption. The result of the problem is defined as follows, How to boost energetic efficiency in the use of acclimatization at the University of Holguín "Oscar Lucero Moya". The purpose of the work was to propose the performance of a set of measures to diminish energy consumption in the site by the concept of acclimatization of rooms. To solve the problem the author followed a set of steps starting for the bibliographical revision of literature related to the subject matter, scientific observation , measuring and figuring out the results obtained from the fulfillment of the procedure developed, which takes as a base the technology of total management of energy. Within the results of the research it is provided a plan of measures to the management, which constitutes a great tool to make decisions as the principal and final product of this work.

# ÍNDICE.

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO I. Climatización. Antecedentes y estado actual.</b>	6
1.1 Situación energética actual.	6
1.1.2 Uso Eficiente de la Energía.	7
1.2-Climatización, antecedentes y evolución.	9
1.2.1- La climatización y su impacto ambiental	11
1.3-Factores que afectan el consumo energético en la climatización.	12
1.4 La climatización en los locales de la Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”. (UHo).	15
1.5 Conclusiones parciales del capítulo.	17
<b>CAPITULO II: Análisis del consumo energético por climatización en la Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya.</b>	18
2.1- Caracterización Energética de la UHo	18
2.2- Diagnóstico energético de la UHo.	18
2.3- Metodología para determinar el consumo energético por la climatización en la UHo.	21
2.3.1- Análisis de los resultados	25
2.4 Valoración económica	31
2.5 Valoración ambiental	
<b>Conclusiones</b>	33
<b>Recomendaciones</b>	34
<b>Bibliografía</b>	35
<b>Anexos</b>	38

## INTRODUCCIÓN

Desde los tiempos remotos el hombre desarrolló técnicas para mejorar sus condiciones de vida, y en virtud de satisfacer sus necesidades puso en práctica diferentes habilidades, que sin tener explicación alguna en aquellos momentos, resolvían sus más inmediatos intereses. Establecer un clima acogedor, fue una de estas preferencias y para lograr la disminución de las altas temperaturas del día, transportaban piedras desde el desierto, que una vez frías por las bajas temperaturas de las noches, se comportaban como una vía de acondicionamiento [stoecker, 1981]

En los momentos actuales la climatización ha alcanzado una elevada importancia por las ventajas que ofrece de confort y conservación, tanto a personas como a equipos, pero también, por su alta demanda, ha sido una de las vías de agotamiento de los recursos naturales, por verse estrechamente relacionada con los productos derivados de los ya decadentes combustibles fósiles.

El confort, en la climatización, es el aspecto de mayor importancia a la hora de establecer condiciones, y esto se debe a la aportación que hace, de sensaciones de bienestar que estimulan y mejoran las condiciones de vida de las personas y de determinados procesos, garantizando así el bienestar térmico del hombre y por tanto las condiciones óptimas para su rendimiento, evitando las “situaciones de desagrado”, que, lejos de contribuir, provocan “efectos de malestar”.

Para alcanzar este estado de confort se deben tener en cuenta ciertos requisitos de diseño, los interiores y exteriores, que están directamente relacionados con la carga térmica aportada al local. Para el cálculo de esta, es necesario conocer los aportes de calor latente y sensible, y con ellas definir los parámetros más importantes que se deben conocer en un local: temperatura y humedad relativa. [Carrier, 2009].

Acompañando a estos últimos se encuentra la calidad del aire interior, que forma parte, también, de las condiciones que afectan el confort humano, por lo que implica una de las más importantes áreas de estudio pues los estándares y las normas de calidad que garantizan bajos niveles de contaminación interior dependen principalmente de las características medioambientales existentes.

Respecto a la cada vez mayor preocupación de los distintos países con la problemática de la Calidad del Aire Interior, distintas organizaciones y organismos competentes han elaborado diferentes normas como la ISO, la ANSI/ASHRAE y la UNE, de obligado cumplimiento para poder asegurar, con el menor grado de error posible, la satisfacción y la salud de las personas.

Por otra parte el consumo de energía se ha convertido en un gran problema. La humanidad está inmersa en un período donde los combustibles fósiles están teniendo un tiempo reducido, encareciendo los precios de los productos energéticos lo que obedece a una imposibilidad del mercado de ajustar estos en respuesta a la disminución de la materia disponible.

En este contexto energético se ve reflejada la Universidad de Holguín, sede “Oscar Lucero Moya”, fundada en el año 1989, donde los equipos de climatización representan más de un 20 % del consumo energético de la institución [Pérez J., 2013], con tendencias de aumento, influyendo en este indicador múltiple factores, que van desde las características constructivas de la institución, hasta aspectos organizativos a la hora de seleccionar e instalar los aires acondicionados de ventana y otros sistemas de climatización.

Para el mejor desempeño de las carreras técnicas en nuestro país, se hizo necesaria la creación de locales como los laboratorios y aulas especializadas, y esto trajo consigo la instalación de nuevos equipos como computadoras, microscopios, hornos, autoclaves, etc., los que por su diseño de fabricación requieren condiciones de trabajo que aún no están creadas y para las cuales la entidad no está preparada, lo que conlleva a un aumento considerable de la energía eléctrica y a su vez un gasto no planificado dentro del presupuesto anual de la entidad.

Así por ejemplo, en el año 2013 se registró un consumo total de 503 944 kWh y de ellos 149 144 kWh corresponden al uso de los aires acondicionados. Este consumo representa el 29,59 % del total, este comportamiento es similar al del periodo transcurrido del 2014 [Pérez J., 2013].

Sin embargo a través de la observación científica de los locales climatizados y la entrevista a estudiantes, profesores y directivos de la universidad se ha podido comprobar qué [Martínez Y., 2013]:

- La Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya” no tiene elaborada una política para organizar, planificar y controlar la explotación, el mantenimiento y las nuevas inversiones de aires acondicionados.
- En determinados locales se instalan nuevos aires acondicionados sin realizarse un estudio adecuado de la carga térmica.
- Existen locales con aires acondicionados con una potencia frigorífica por debajo de las necesidades térmicas por lo que su instalación produce sensación de calor en los meses y horas de mayor demanda.
- No existe un adecuado montaje de los aires acondicionados, persistiendo infiltraciones que afectan la eficiencia energética.
- No hay una adecuada regulación de los termostatos por lo que la temperatura de los locales en determinados momentos está por debajo de los 25 °C.

Por otra parte son muchos los estudios que se realizan en el mundo para elevar la eficiencia energética, primeramente por disminuir el costo de las producciones y los servicios y segundo como un aporte importante a la protección del medio ambiente. Así por ejemplo, en los lineamientos para la política económica y social de Cuba, específicamente el 248 y 253, se plantean acciones encamadas en esta dirección [Colectivo Autores, 2009]

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado se puede afirmar que existen condiciones y oportunidades para, con medidas organizativas y tecnológicas disminuir el consumo de electricidad por el uso de la climatización de locales en la universidad. Lo que permite plantear el siguiente **problema de investigación**:

¿Cómo elevar la eficiencia energética en el uso de la climatización en la Universidad de Holguín sede “Oscar Lucero Moya”

Este problema de investigación se enmarca en el **Objeto de estudio**: La eficiencia energética en la climatización. Y tiene como **Campo de acción** el Sistema de gestión de la energía por concepto de climatización en la Universidad de Holguín en su sede “Oscar Lucero Moya”.

Partiendo de los estudios preliminares del tema se puede plantear como **Hipótesis** de la investigación la siguiente:

“Si se hace un estudio de la carga térmica de los locales se podrá implementar en la Universidad de Holguín, sede “Oscar Lucero Moya” un sistema de gestión eficiente de la energía que permita disminuir el consumo de electricidad por el uso de aires acondicionados para la climatización de locales”

Es por esta razón que se emprende este trabajo investigativo el que tiene como **Objetivo general**: Proponer un plan de mejoras para disminuir el consumo de energía en la Universidad de Holguín, sede Oscar Lucero Moya por el concepto de climatización de locales.

#### **Tareas de investigación:**

1. Revisión bibliográfica del tema.
2. Caracterización del consumo energético en la universidad y determinar la influencia de la climatización en el mismo.
3. Realizar un estudio de carga térmica de todos los locales de la universidad y determinar las potencialidades de ahorro energético en cada uno de ellos.
4. Proponer un plan de medidas para elevar la eficiencia energética en la climatización de locales en la Universidad
5. Elaboración del informe.

Para desarrollar este trabajo se utilizaron los **Métodos de Investigación** siguientes:

#### • **Empíricos**

- **Consultas y entrevistas:** Se realizaron entrevistas y consultas a los usuarios de la climatización, así como a especialistas en el campo de estudio para conocer a fondo el problema a investigar.
- **Observación participativa:** permitió obtener información general acerca del comportamiento del objeto de investigación y tener la idea general de las operaciones que intervienen en su funcionamiento.

- **Mediciones:** brindó datos reales y exactos de las dimensiones y consumo del objeto en cuestión, como temperatura de los locales, voltaje, amperaje y potencia de los aires acondicionados instalados.
- **Teóricos:**
  - **Histórico-lógico:** Para comprender las condiciones que determinan el estado actual del problema que se investiga.
  - **Análisis y síntesis:** Se utiliza en la revisión y consulta de la bibliografía especializada sobre el tema, así como, en el estudio de la información existente sobre los equipos de acondicionamiento de aire.
  - **Hipotético-Deductivo:** Para definir los aspectos que contiene la hipótesis y comprobar la misma.

### **Resultados esperados**

Elaborar un plan de acciones basado en los resultados del diagnóstico de la carga térmica medida en la UHO, para disminuir el consumo energético por climatización y que sea utilizado por la administración como una herramienta en la toma de decisiones.

## **CAPÍTULO I. CLIMATIZACIÓN. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL.**

La climatización está estrechamente relacionada con el consumo de energía eléctrica, por eso todo análisis de este tema tiene que estar relacionado, y tener en cuenta la situación energética por la que pasa la humanidad en los momentos actuales y sus perspectivas futuras

### **1.1- Situación energética actual.**

En los últimos años el uso de la energía se ha convertido en tema de debate y preocupación, debido al elevado consumo de portadores energéticos, su encarecimiento y el impacto negativo que se está produciendo sobre el medio ambiente. Estos aspectos son abordados en diferentes foros internacionales y se ha comenzado a trabajar en función de la creciente crisis energética mundial.

El sector energético mundial tiene un gran reto; abastecer de suficiente energía a precios razonables, de manera que no afecte el crecimiento económico global, tarea nada fácil si se cumple la predicción de que la demanda mundial por combustibles aumente en más de un 60% de aquí al año 2030. Así lo concluye el estudio Globalización y Suministro de Energía: Riesgo Estratégico en el siglo XXI, elaborado por Deloitte, donde se analiza el complicado panorama energético mundial. Según el informe, los mayores responsables del aumento en la demanda serán los países en desarrollo, que aumentarán cuatro veces sus necesidades de aquí al año 2030. De ser así, estos serán los responsables del 40% de los requerimientos energéticos mundiales, con lo que casi equiparán la demanda proveniente de los que antes se consideraban los mayores consumidores [Breéis P, 2012]

Las necesidades del hombre de procesar u obtener beneficios de la utilización de los portadores energéticos en cada período de desarrollo están condicionadas e lo fundamental a su utilización en la obtención de frío o calor, las comunicaciones, los sistemas de iluminación y la obtención de la energía mecánica necesaria para la ejecución de los procesos en la industria, para esto se ve obligado a recurrir al uso de las diferentes fuentes de energía.

Hoy se depende en un 80% de los combustibles fósiles para resolver la inmensa mayoría de las necesidades lo que permite gozar en las zonas ricas de un alto nivel de vida, pero las consecuencias cada vez más apreciables desde los problemas de suministro, son

causa de una buena parte de los conflictos del último medio siglo, de la amenaza del cambio climático o la realidad cotidiana de la contaminación atmosférica. Hay problemas de abastecimiento y recursos, pero sobre todo el límite de la capacidad de la atmósfera para absorber el dióxido de carbono que se emite en la combustión del carbón, el petróleo y el gas natural. El límite real no son los recursos, sino los sumideros. A lo largo de este siglo habrá que realizar la transición energética ordenada y gradual hacia un modelo energético descarbonizado y cada vez más eficiente, sin olvidar el importante problema de proporcionar un nivel de vida digno al 80% de la población mundial que vive en la pobreza. [DíazFL, 2011]

Existen también otros retos que se han vuelto urgentes. La demanda mundial de energía está creciendo a un ritmo asombroso. La excesiva dependencia de las importaciones energéticas de unos pocos países, está generando inestabilidad e inseguridad en el suministro y los precios del petróleo y del gas, en constante aumento. Por otra parte se está causando un daño irreversible al planeta producido fundamentalmente por el calentamiento global.

La solución a estos problemas pudiera estar en el incremento del uso de las fuentes renovables de energía, pero todavía ellas no satisfacen las necesidades actuales de abastecimiento energético, por tanto se hace necesario utilizar eficientemente la energía que actualmente se genera.

### **1.1.2 Uso Eficiente de la Energía.**

Desde hace varias décadas se está haciendo referencia en el mundo al tema de la eficiencia energética y la necesidad de su elevación como fuente alternativa para lograr un uso racional de la energía y la preservación del medio ambiente.

La misma tiene que ver con la optimización de las energías convencionales, cosa que requiere algunas veces una reingeniería simple en los procesos donde intervienen. Es la fuente de energía más importante del futuro. Por error se confunde con ahorro energético y claramente quienes trabajan en esto, no desean que la gente no use la energía, y que las empresas deban hacer razonamiento, sino que hagan un uso inteligente. La climatización pudiera parecer una necesidad secundaria en algunas ocasiones, pero no se

trata de eliminar los aires acondicionado, si no de utilizarlos racionalmente y en condiciones óptimas de operación

La eficiencia energética como concepto, agrupa las acciones que se toman tanto en el lado de la oferta como de la demanda, sin sacrificar el bienestar ni la producción, permitiendo mejorar la seguridad del suministro. Logrando además, ahorros tanto en el consumo de energía como en la economía de la población en general. Simultáneamente se logran reducciones en las emisiones de los gases de efecto invernadero y mejoras en las finanzas de las empresas energéticas. [Armis, 2002].

El incremento de la eficiencia energética tiene un beneficio ambiental inmediato y directo, ya que implica una reducción en el uso de recursos naturales y en la emisión de contaminantes, incluido el CO<sub>2</sub>. [Puerta Fernández, 2003]

Autores como [Lápido Rodríguez, 2012], plantean que para lograr la eficiencia energética debe contarse con indicadores e índices que permitan el análisis y muestren las desviaciones en los consumos para que permitan a la dirección de las empresas e instituciones detectar problemas y tomar decisiones a tiempo, teniendo en cuenta que los principales problemas que afectan el ahorro y la eficiencia energética están relacionados con los aspectossiguientes:

- Insuficiente análisis de los índices de eficiencia energética.
- Desconocimiento de la incidencia de cada portador energético en el consumo total.
- Falta de identificación de los índices físicos y su ordenamiento por prioridad.
- Insuficiente divulgación de las mejores experiencias.
- Falta de información en los sistemas estadísticos.
- No apreciación de la elevación de eficiencia energética como una fuente de energía importante.

Algunos mecanismos para la introducción del concepto de la eficiencia energética en la empresa podrían ser los siguientes:

- Llevar a cabo un diagnóstico de eficiencia energética, por medio del cual se identifiquen los potenciales de ahorro energético.
- Identificar los principales y más frecuentes problemas que se enfrentan en el uso final de la energía.

- Considerar que la energía es un insumo de costo variable, que puede ser utilizado de una manera eficiente introduciendo prácticas que permitan el ahorro de este insumo en la empresa.
- Implementar las acciones identificadas en el diagnóstico.

Es importante señalar que los directivos deben ver en la eficiencia energética y el ahorro de portadores energéticos como fuentes de energía para contribuir a la elevación de la eficiencia en el uso de los portadores energéticos y la dirección organizacional debe contemplar entre las acciones a realizar:

- La aplicación de la ciencia y la técnica.
- Tecnologías de avanzada ya probadas.
- La organización debe mejorar la disciplina tecnológica.
- Aprovechar mejor lo que se tiene y perfeccionar la organización para favorecer una gestión adecuada, así como la administración de la energía.

## **1.2-Climatización, antecedentes y evolución.**

El hombre durante mucho tiempo ha tratado de cambiar las condiciones de climática de los lugares donde se desempeña. Primeramente utilizó el fuego para la calefacción y posteriormente la climatización para mejorar condiciones de trabajo. Estas modificaciones siempre han estado acompañadas de un gasto energético adicional

La climatización es el proceso de tratamiento de aire que se efectúa a lo largo de todo el año, controlando, en los espacios interiores, temperatura, humedad, pureza y velocidad del aire.[Wikipedia, 20013].

Ante la necesidad de controlar de forma rápida y simultánea la temperatura y humedad del aire, Willis Haviland Carrier sentó, en 1902, las bases de la refrigeración moderna, realizó investigaciones, diseñó y patentó una máquina frigorífica conocida como “la primera unidad de aire acondicionado” de la historia, convirtiéndose en el primer método práctico para climatizar grandes espacios. Su objetivo principal fue mejorar el desarrollo de los procesos industriales y por casi dos décadas, el uso de estas tecnologías estuvo dirigido a las industrias, más que a las personas.[Wikipedia, 2010]

En los procesos de climatización, donde se buscan temperaturas menores a la del medioambiente se utilizan equipos consumidores de energía llamados aires

acondicionados. Un aparato de aire acondicionado sirve, tal y como indica su nombre, para el acondicionamiento del aire. Este es el proceso más completo de tratamiento del ambiente en un local cerrado y consiste en regular la temperatura, ya sea calefacción o refrigeración, el grado de humedad, la renovación o circulación del aire y su limpieza, es decir, su filtrado o purificación. [PeñaFajardo, 2011]

La climatización, obtenida por métodos convencionales para cualquier aplicación, se sustenta en el Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapores, y teniendo en cuenta su propósito de explotación responde a la clasificación siguiente:

- *Equipos de climatización Domésticos:* Dentro de ellos se destacan por la generalidad de su uso:
  - *Acondicionador de ventana:* que por lo regular son de pequeña capacidad, con estructuras fijas que necesita aire exterior para la ventilación del condensador y presentan alto nivel de ruido. Por otra parte son de fácil montaje y mantenimiento y no necesita personal calificado para su instalación y explotación. La Mala distribución del aire frío dentro del local unido a su consumo de electricidad son dos aspectos que influyen en la eficiencia energética.
  - *Sistemas partidos (Split):* Son sistemas con funcionamiento similar a los aires acondicionado de ventana que utilizan un ciclo de compresión de vapores. Lo distingue que el evaporador y el condensador se encuentran en unidades independientes. Esto favorece los niveles de ruido, mejora la decoración de los locales, pero siguen siendo equipos consumidores de electricidad que hay que tener en cuenta a la hora de realizar estudios de eficiencia energética. Existen de baja, media y grandes capacidades.
- *Equipos de climatización Comerciales.* Son equipos de mayor capacidad entre ellos se destacan las consolas y los llamados Roof-top entre otros, que por sus características no son utilizados en la institución objeto de estudio.

Los equipos de ventana, sistemas partidos (splits) y unidades de expansión directa sólo garantizan condiciones termodinámicas para el confort humano y el carácter discreto de sus capacidades incide de forma desfavorable en la eficiencia energética de los mismos cuando se explotan en grupos.

La sensación de comodidad y el rendimiento de las capacidades físicas e intelectuales están asociados estrechamente a la calidad del confort térmico. Por tanto, es importante, conocer los parámetros que inciden en el clima interior y saber cómo controlarlo para obtener un óptimo confort. El acondicionamiento de aire implica mucho más que el mero control de la temperatura. Son cuatro las condiciones atmosféricas que afectan el confort humano: temperatura, humedad, movimiento del aire y pureza del aire.

El uso de la climatización de locales puede ser opcional en función del confort deseado para la realización de diferentes actividades y su valoración tiene una fuerte incidencia de la subjetividad de quien lo evalúa. Pero en determinados lugares es imprescindible mantener determinadas condiciones como lo es el caso de los salones de operación de hospitales y laboratorios de biología, por solo poner dos ejemplos.

### **1.2.1- La climatización y su impacto ambiental**

La climatización también tiene un impacto negativo en el medio ambiente que puede ser directo o indirecto. Son daños directos los que causan al medio ambiente los hidrocarburos saturados, constituyen un tema de gran impacto social y en consecuencia, uno de los que más ha impulsado la conservación ambiental.

Los sistemas de acondicionamiento de aire utilizan refrigerantes cloro-flúor-carbonados (CFCs) o hidrogeno-cloro-fluor-carbonados (HCFCs). [Colectivo de autores, 2006].

Su inmisión en la atmósfera contribuye al incremento del efecto invernadero. La causa radica en la liberación del cloro presente en esos compuestos que provoca la destrucción de la capa de ozono.

Para caracterizar el impacto de estas sustancias sobre el medioambiente se han desarrollado tres índices que son: [Colectivo de autores, 2006].

- Potencial de Destrucción de la Capa de Ozono (O.D.P, siglas en inglés).  
Alcanza su máximo valor de 1 para los CFC 11 y 12, el HCFC 22 presenta el valor de 0,05 (solamente una veinteava parte) y, finalmente, los HFC (exentos de cloro) tienen una repercusión nula por lo que su O.D.P. es cero.
- Potencial de Calentamiento Global (G.W.P. siglas en inglés).  
Corresponde a la contribución del producto al efecto invernadero y se define como el número de kilogramos de CO<sub>2</sub> que, al emitirse a la atmósfera, provocan el mismo efecto invernadero que 1 kilogramo de la sustancia objeto.

Depende del periodo de descomposición, debido a que algunas sustancias se descomponen a largo plazo.

Tiene valor 1 para el CFC 11, 3,05 para el CFC 12, 0,285 para el HFC 134<sup>a</sup> y 0 para el Amoníaco.

- Impacto sobre el Calentamiento Total Equivalente (T.E.W.I. sigla en inglés).

Sirve para medir los efectos combinados de la emisión de fluidos frigorígenos a la atmósfera y de las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a los combustibles fósiles que se necesitan para el funcionamiento de las correspondientes instalaciones. [Borroto, 2006].

El Impacto indirecto está asociado a los inconvenientes medio ambientales de la generación de la energía eléctrica a partir de combustibles fósiles que consume la climatización.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expresado se puede afirmar que el uso de la climatización para el confort humano está estrechamente relacionado con el consumo de energía. Que aparejado al confort provocado artificialmente por los aires acondicionados hay un impacto ambiental negativo y por tanto debe lograrse un equilibrio entre la necesidad de cambiar las condiciones de los locales en busca de mayor productividad y la cantidad de energía que se emplea para ello.

### **1.3-Factores que afectan el consumo energético en la climatización.**

La eficiencia energética en la climatización se logra cuando se tienen los parámetros de confort adecuados con el menor consumo de energía posible, para ellos es necesario primeramente conocer la carga térmica que debe remover el equipo de aire acondicionado. Para lograr mantener los parámetros de diseño del aire en el interior de un local, se hace necesaria la extracción del calor generado por las diferentes fuentes térmicas del local, mediante el suministro o circulación de un caudal de aire, previamente tratado, bajo condiciones específicas, de forma tal, que absorba las ganancias de calor sensible y latente del espacio climatizado.

La magnitud de la carga térmica y su composición en sensible y latente, determinan las características de la instalación de climatización. Las ganancias de calor de un local se pueden clasificar en externas e internas, denominando externas a aquellas que atraviesan las fronteras del local, e internas a las que se generan en el interior del mismo. Además existen otras ganancias térmicas, que no siendo carga directa del aire dentro del local,

dependen de éste. Tanto las fuentes internas como externas pueden ocasionar ganancias de calor sensibles y/o latentes, entendiendo por cargas térmicas sensibles aquellas que ocasionan un incremento de la temperatura seca del aire en el local, y latentes las que provocan el aumento de su contenido de humedad.

Entre los aspectos que más influyen en la eficiencia energética en la climatización están:

- La radiación solar a través de superficies acristaladas (carga sensible).

La radiación solar directa ocasiona ganancia sensible cuando los rayos del Sol inciden sobre la superficie cuestionada, mientras que la difusa constituye una ganancia sensible, aun cuando dicha superficie se encuentre a la sombra. El valor de ambas es variable y depende de varios factores como el contenido de vapor de agua y de partículas de polvo en la atmósfera y las características de la superficie terrestre considerada. A su vez estos factores están determinados por la situación geográfica y la orientación de la superficie, el instante considerado (la hora, la fecha), el contenido de humedad del aire exterior en la zona climática, etc.

Estos valores de intensidad solo pueden ser determinados mediante datos experimentales tomados en el lugar considerando la superficie terrestre.

- El calor transmitido a través de las estructuras del local a causa de la diferencia de temperaturas entre el aire exterior e interior del local, estas son las denominadas ganancias por transmisión (carga sensible).

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 presentan en paredes, techos y pisos de un local climatizado.

La ganancia de calor es la suma del flujo de calor relativamente estacionario, que se genera debido a que la temperatura del aire en el interior del local es menor que en el exterior, y el flujo de calor no estacionario producido por la intensidad de la radiación solar variable, que incide sobre la cara exterior de la estructura. El fenómeno del flujo de calor no estacionario se complica por el hecho de que la estructura tiene una capacidad térmica, de tal forma que una parte del calor fluyendo a través de la

estructura se almacena, siendo rechazado al interior (o exterior) en un tiempo posterior a la incidencia de los rayos solares.

Dos factores externos a considerar en el comportamiento del flujo de calor *entrando* a la superficie exterior de la estructura son: (Polaino,1997) la variación diaria de la temperatura del aire exterior y la característica sinusoidal de la intensidad de la radiación solar.

- La radiación solar a través de las estructuras.
- Las ganancias térmicas originadas por el aire exterior infiltrado a través de grietas o aberturas del local (carga sensible y latente).

La infiltración ocurre por el efecto de la presión del viento a través de las rendijas o ranuras de las ventanas y las puertas, y por la entrada y la salida de los ocupantes del local. La dirección o ángulo de incidencia y velocidad del viento sobre las ventanas, y la magnitud de las rendijas determinan el caudal de aire infiltrado. En el caso de las puertas es necesario considerar también la frecuencia de uso.

Las fuentes de calor internas al local pueden ser:

- Los ocupantes (carga sensible y latente). Los ocupantes constituyen otro de los elementos que aporta ganancia de calor tanto sensible como latente; la cantidad de calor generada estará en dependencia de la actividad desarrollada. (Polaino,1997).
- La iluminación eléctrica (carga sensible). Esta aporta carga sensible solamente, la cantidad de calor estará en dependencia de la potencia de iluminación instalada y el tiempo de iluminación existente, sea fluorescente o incandescente. (Polaino,1997).
- Los equipos instalados dentro del local (carga sensible y latente).
- Los motores eléctricos (carga sensible). Es común encontrar casos donde existan motores o equipos accionados por motores en los locales. Estos, proporcionan solamente carga térmica sensible y su valor dependerá de la potencia y eficiencia del motor y la ubicación relativa motor – máquina. (Polaino,1997).
- Los procesos de trabajo tecnológico (carga sensible y latente). En el caso que se efectúe la realización de algún proceso industrial en el local que se desea climatizar, el estimado de la carga aportada por el mismo deberá ser analizado de modo particular.

Las fuentes de calor que no se generan en el local, pero que dependen de este, y son cargas para el enfriamiento:

- El aire necesario para la ventilación del local (carga sensible y latente).
- Las ganancias producto del sistema de distribución de aire (sensible y latente).
- Las ganancias o pérdidas de la instalación (carga sensible).

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado, cuando se quiere elevar la eficiencia energética en la climatización de locales se debe trabajar en las direcciones siguientes:

- Realizar una adecuada selección de los equipos de aire acondicionado para garantizar las condiciones necesarias en los locales.
- Tener en cuenta los horarios de trabajo y uso de los equipos dentro de los locales para evitar la simultaneidad y que se seleccionen equipos sobredimensionados.
- Reducir las entradas de aire exterior (hermeticidad de las puertas, puertas automáticas, cortinas y antecámaras, y reducir el tiempo de apertura).
- Reducir la potencia de los equipos interiores (apagado de luces en cámaras cerradas, uso de iluminación y equipos eficientes).
- Condiciones de circulación de aire adecuadas dentro de los locales.
- Utilizar tecnologías constructivas que tengan en cuenta materiales de construcción con baja conductividad térmica.
- Tener en cuenta la ubicación de los locales para evitar la exposición a la radiación solar directa.

#### **1.4 La climatización en los locales de la Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”.(UHo).**

La UHo, fundada en 1989 ubicada en Ave XX Aniversario, Piedra Blanca, satisface las necesidades sociales mediante la formación integral y continua de profesionales en las ciencias exactas, económicas, técnicas, agropecuarias, jurídicas, sociales y humanísticas, aportando resultados científicos relevantes y la extensión de su acción a la comunidad del país.

La UHo utiliza aire acondicionado para la climatización de locales de oficinas, aulas para la impartición de docencia, laboratorios docentes e investigativos y locales donde se concentran medios de cómputos para la informatización conocidos como nodos.

Según los informes aportados por la dirección administrativa de la UHo, así como las facturas de pago por el consumo eléctrico, en un período de 8 meses, registró un consumo total de 503 944 kW, de ellos 149144 kW provenían del sistema de climatización, lo representando el 29,9% del total.[Martinez Y. 2014].

Realizando una observación del estado de la climatización en la UHo se pudo comprobar qué:

- No está definido por parte de la administración cuales son los locales que necesitan climatización. Existiendo así un grupo de ellos que por la función que se realiza ameritan un análisis de la necesidad de su uso.
- No existe un estudio adecuado de la carga térmica a la hora de seleccionar el equipo de aire acondicionado a instalar, notándose en algunos casos equipos sub dimensionados y en otros sobredimensionamiento.
- Existen infiltraciones en los locales que afectan la calidad del aire ya acondicionado e incrementan el consumo energético de los equipos de climatización.
- Existen sobreconsumo en los planes de los portadores energético y por esa razón se apagan los aires en los momentos de mayor demanda de climatización.
- No hay una adecuada regulación de los termostatos ni de la dirección del aire frío lo que incrementa el uso de los aires acondicionado.

Por lo que se hace necesario realizar un estudio de la climatización para encontrar soluciones que ayuden a elevar la eficiencia energética de la UHo.

### **1.5 Conclusiones parciales del capítulo.**

Una vez realizado un estudio del estado del actual del objeto de estudio se arriba a las conclusiones siguientes:

- Para realizar la climatización de los locales se hace necesario consumir energía eléctrica y en nuestro país esta se produce por la combustión de combustibles fósiles, por lo que se produce un impacto ambiental y económico negativo.
- La climatización de locales es importante porque mejora el confort y protege a los equipos de las condiciones climatológicas adversas.
- La eficiencia energética es una necesidad y debe de buscarse en todas aquellas actividades que consuman energía.
- La universidad de Holguín consume el 29,9% de su energía total por concepto de climatización y existen condiciones que permiten ahorrar en este sentido.

## **CAPITULO II: Análisis del consumo energético por climatización en la Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya.**

### **2.1- Caracterización Energética de la UHo**

La Universidad de Holguín en su sede “Oscar Lucero Moya” (UHo) se encuentra en la Avenida XX Aniversario, Reparto Piedra Blanca del municipio de Holguín. En ella se estudian carreras de perfil técnico (civil, Mecánica, Informática y agronomía) y económico (Contabilidad y economía).

La UHo puede ser dividida en tres grandes áreas: El edificio docente, el socio administrativo y la residencia estudiantil. De ellos solo en el edificio docente y el socio administrativos se encuentran colocados aires acondicionados en laboratorios, oficinas y aulas.



*Figura 2.1 La Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”*

### **2.2- Diagnóstico energético de la UHo.**

Para realizar el análisis de la eficiencia energética en la UHo se tomaron los datos de consumo de todos los portadores energéticos en los últimos 3 años (ver anexo X). Primeramente se determinó las Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP) de todos los portadores energéticos utilizados en la UHo, se estableció la estructura de consumo de los portadores energéticos utilizando los Factores de Conversión del año 2013 como se

Capítulo Análisis del consumo energético de la climatización en la Universidad de Holguín muestra en la Tabla 2.1 y el gráfico de la figura 2.2. Tomando como datos de referencia los mostrados en el Anexo 1

Tabla 2.1 Estructura de consumo de portadores de los portadores energéticos 2013.

No.	Portador	U.M.	Consumo	F.Conver.	TEP
1	Electricidad	MW	769,41	0,3328	256,1
2	Diesel Transporte	Ton	61,98	1,06	65,7
3	Gasolina	Ton	35,29	1,18	41,6
4	Diesel Caldera	Ton	29,42	1,06	31,2
5	G.L.P	Ton	16,56	1,23	20,4
<b>TOTAL</b>					415,0

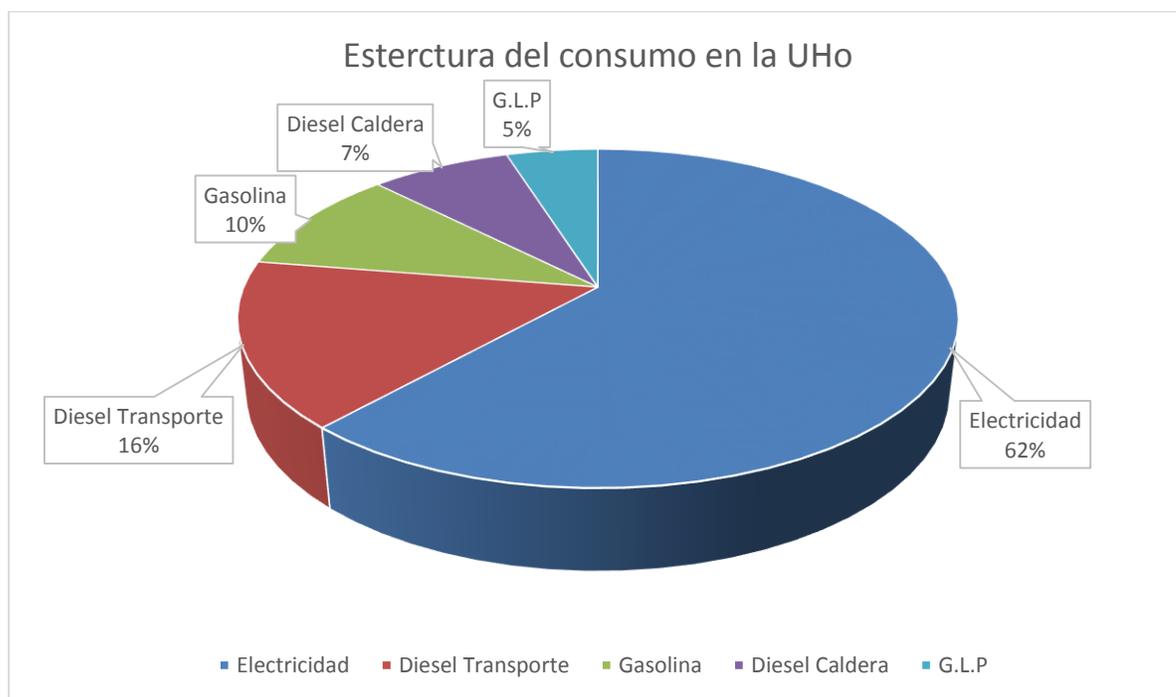


Figura 2.2 Estructura del consumo de portadores energéticos.

Del análisis de la estructura del consumo de portadores energéticos mostrado en el diagrama de la figura 2.3 se puede observar que el consumo más significativo es la electricidad que representa el 61,7% y por tanto es hacia él sobre quien se deben encaminar las acciones de ahorro de energía. Este comportamiento se ha mantenido de forma similar durante los últimos 3 años como se muestra en el gráfico figura 2.3.

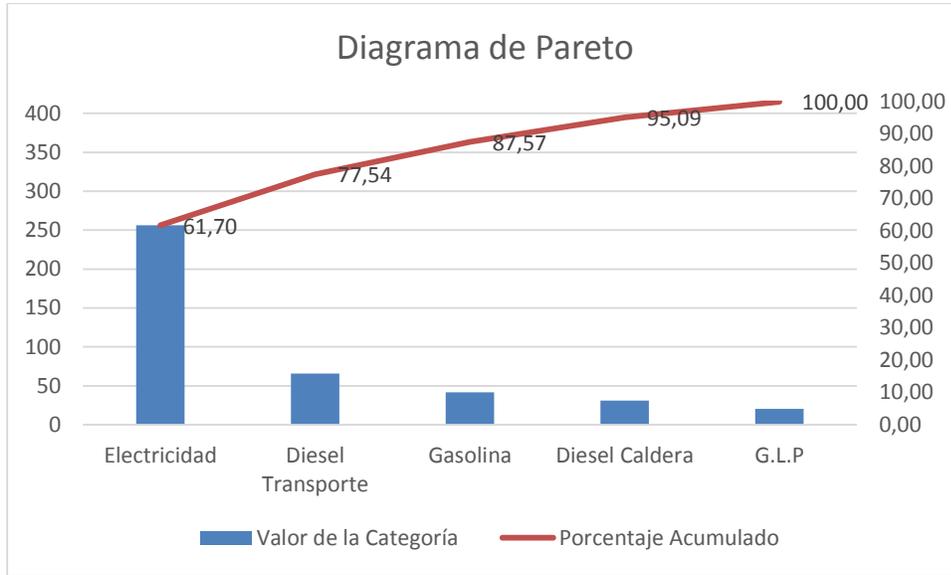


Figura 2.3 Estructura del consumo de los portadores energéticos.

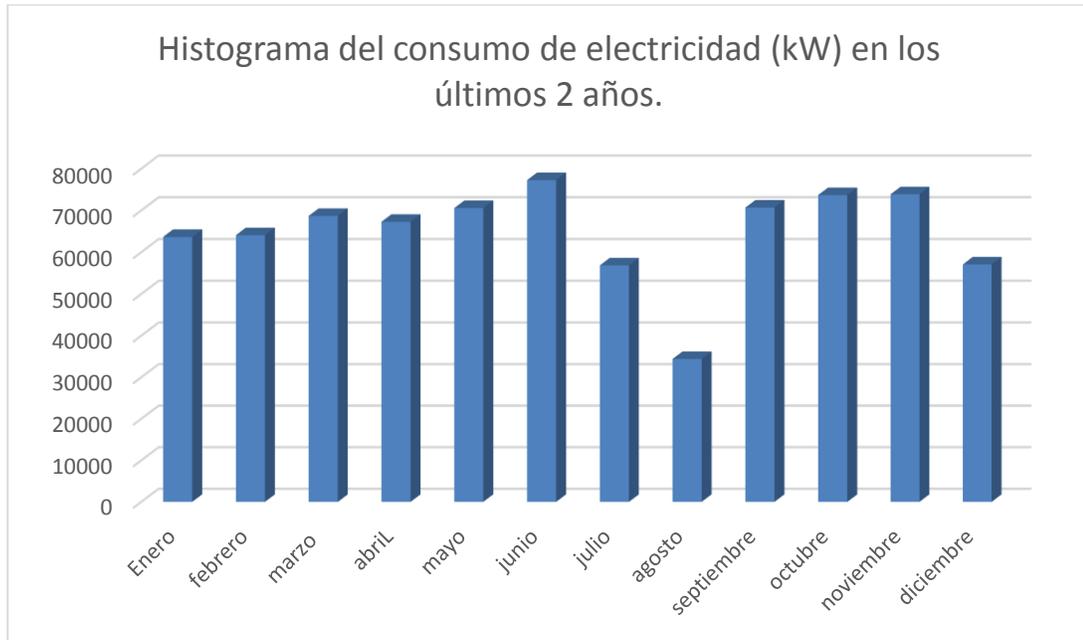


Figura 2.4 Histograma de consumo de Diesel en los últimos 3 años.

Con estos resultados se pudo predecir que sí se concentran los esfuerzos en la influencia que ejerce el consumo de electricidad en la Sede “Oscar Lucero” se puede lograr una mejora significativa de la eficiencia energética.

Luego se realizó una estratificación por consumidores para definir los más consumidores de energía. En el gráfico de la figura 2.5 se muestra la estratificación del consumo por

Capítulo Análisis del consumo energético de la climatización en la Universidad de Holguín cada una de los elementos que consumen electricidad. Determinando que el uso de los aires acondicionados constituyen el 30% del total.

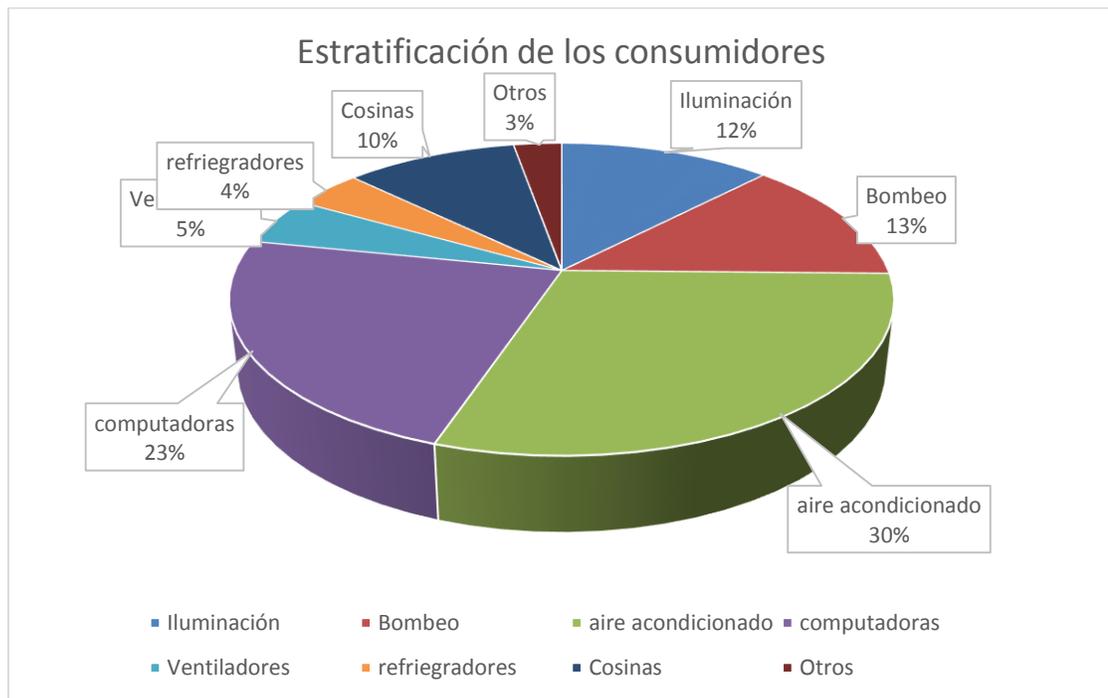


Figura 2.5 Consumidores de electricidad en la UHo

Por otra parte se ha podido comprobar que no existen valores que relacionen el consumo con corriente por el uso de los aires acondicionados por lo que se hace imposible determinar un índice de consumo para este indicador.

### 2.3- Metodología para determinar el consumo energético por la climatización en la UHo.

Para estudiar la eficiencia energética por la climatización en la UHo se hace necesario comparar las necesidades de energía que hay que extraer en cada local con el consumo actual en cada uno de los locales, con este propósito se elaboró una metodología que consta de los pasos siguientes:

#### 1 Recorrido por las instalaciones de la UHo.

Este recorrido se hace con el objetivo de tener una idea de cómo organizar las mediciones y observar algunos aspectos que pueden influir en la carga térmica de los locales, como es la orientación geográfica de los locales y la influencia de los aleros y parasoles.

## 2 Caracterización de los locales.

La entidad se caracteriza por estar edificada con un sistema constructivo Girón, por lo que las características en todos sus locales son similares, sólo presenta algunos cambios en relación a las ventanas y puertas, así como su ubicación geográfica y paredes expuestas a la radiación solar.

Para facilitar el estudio se hizo una distribución por códigos, en dependencia de la función y ubicación de cada local. En el período analizado existían 95 locales con aires acondicionados instalados, y de ellos solo 89 estaban funcionando. Para codificar cada local se utilizó un código de 6 dígitos de la forma siguiente:

EE-B-P-L

Donde

EE: Designa al edificio donde está el local. Se utilizaron en este caso las siglas: ED-Edificio docente; BB-Biblioteca; EA-Edificio administrativo; RE-Residencia Estudiantil y AL-Almacén.

B: significa el bloque dentro de un mismo edificio.

P: La planta o piso del edificio.

L: número del local dentro del piso.

Así por ejemplo el local ED-B-2-4 representa al laboratorio de Física mecánica que está en el Edificio Docente (ED), bloque 2, segunda planta, y es el 4 local con aire acondicionado en el piso. La designación de cada uno de los locales estudiados puede verse en el Anexo II.

3- Determinación de la ubicación geográfica y condiciones climatológicas del lugar donde está ubicada la UHo.

Los datos de la ubicación geográfica de la UHo, tienen mucha importancia porque de ello depende la radiación térmica que influye sobre las paredes y ventanas de las edificaciones. Los parámetros meteorológicos como son la temperatura ambiente y la humedad relativa determinan la capacidad de los equipos de aire acondicionado a instalar. Para el caso de estudio los datos son: Latitud  $20^{\circ} 53' 04'' \approx 20,9$ ; longitud  $76^{\circ} 13' 16'' \approx 76,1$ ; elevación sobre el nivel del mar 156 m, la velocidad del viento promedio entre 20 y 25 °C,

Capítulo Análisis del consumo energético de la climatización en la Universidad de Holguín temperatura de bulbo seco 24°C y humedad relativa entre 50 y 55% [Hernández, L. 2014]. En el Anexo III se muestran los datos para las condiciones de exteriores de diseño para las instalaciones turísticas. De estos son de importancia Banes y Gibara por ser zonas aledañas a la UHo.

#### 4- Determinación de los principales datos constructivos de los locales.

Una vez que se tienen los datos climatológicos entonces se procede a determinar los parámetros constructivos de los locales. Esto incluye los materiales con que están fabricado los mismos, la estructura de los pisos y techos, las estructuras de ventanas y puertas, la ubicación de los locales respecto a la radiación solar así como las infiltraciones de aire.

#### 5- Tecnologías de climatización instaladas y condiciones de diseño.

En la UHo se encuentran instalados diferentes tipos de equipos: de ventana, splits y consolas. Entre las marcas se encuentran LG Gold, Samsung, BK 1500, Gree, Sanyo, Panasonic y Carrier. La potencia frigorífica de éstos equipos se encuentran entre 6000 (0.5), 12000 (1) y 24000 (2) BTU/h (TR).

Para las condiciones interiores de diseño debe de tenerse en cuenta qué:

- El volumen de aire exterior máximo por ocupante no deberá exceder los valores recomendados en la NC 45-6.
- La carga térmica a través de la envolvente del edificio debe basarse en las características de la misma, como son la conductividad térmica, los coeficientes de sombra y la infiltración del aire. En esta entidad como todos los locales presentan las mismas características (sistema Girón) sus valores específicos son casi iguales, solo varían los relacionados con su posición geográfica.
- Las cargas por iluminación deben basarse en los niveles reales de diseño de la iluminación y de su potencia eléctrica, de acuerdo con la NC 220-2. En la UHo todas las luminarias instaladas son fluorescentes.
- Otras cargas del sistema como las debidas a las personas y al equipamiento, deben basarse en los datos de diseño tomados de la información real basada en el edificio.
- Las cargas de diseño pueden ser incrementadas hasta un 10%, a criterio del diseñador, para cubrir cargas inesperadas o cambios en el uso del espacio. En este caso se tomó un valor de factor de seguridad del 2%, teniendo en cuenta que la

Capítulo Análisis del consumo energético de la climatización en la Universidad de Holguín aplicación de los locales, atendiendo a su función, no se espera sufra variación en el tiempo.

#### 6- Selección de la herramienta para el cálculo de la carga térmica.

Para el estudio de la carga térmica se utilizó el software Carrier” HAP que es una herramienta de asistencia por computadora a ingenieros para el diseño de sistemas en edificios comerciales. Este se clasifica como dos herramientas en una; la primera es porque permite la estimación de cargas y el diseño de sistemas, y la segunda porque es una herramienta para simular la energía usada y el cálculo de los costos de esta. HAP, está respaldado por el método de la ASHRAE para los cálculos de las cargas, detallando hora por hora las técnicas de simulación para el análisis de energía. (Ver Anexo V).

#### 7- Toma de datos para determinar la eficiencia energética.

Para comparar los resultados que se obtienen del cálculo de la carga térmica necesaria y la verdaderamente consumida en cada uno de los locales se tomaron los datos siguientes:

1. Voltaje y corriente en cada uno de los locales para determinar la potencia real de los equipos de aire acondicionado y compararla con la de diseño de los fabricantes y con la necesaria de acuerdo a la carga térmica que se calcule en el local.
2. Temperatura en el interior de los locales para comprobar el cumplimiento de las normas de confort que establecen una temperatura óptima de 25 °C
3. Determinación de la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo para determinar la humedad del aire y conocer su influencia el consumo energético.

#### 8. Realización de los cálculos y análisis de los resultados.

Por último se realizan los cálculos con el software y se realiza el análisis de los resultados obtenidos. Este análisis contempla:

- El valor de la carga térmica calculada por proyecto y se compara con la carga actualmente instalada buscando principalmente los equipos que estén sub y sobredimensionados.
- Proponer un plan de redistribución de equipos por locales para evitar el sub y sobre dimensionamiento.

- Determinar los sobre consumos de energía por concepto de infiltraciones y mala regulación del termostato.

### **2.3.1- Análisis de los resultados**

➤ Análisis y resultados de la estimación de la carga térmica.

En tabla mostrada en el anexo VI se muestran los datos sobre la potencia calculada o necesaria por proyecto de acuerdo a las condiciones de cada local y la potencia de refrigeración instalada en cada uno de ellos. (ver Anexo VI)

La UHO debe tener una potencia instalada de 212 TR para satisfacer la necesidad de climatización de estos 89 locales, de las cuales solo hay instaladas 135 TR, por lo que existe una deficiencia en climatización de 77 TR. De los 84 locales estudiados, solo 15 tienen una carga térmica instalada superior a la de diseño, lo que indica, que el 82 % de todos los aires acondicionados en la UHO están trabajando sobre cargados y no satisfacen las necesidades de confort establecidas por las normas cubanas.

Esto demuestra que la UHO no ha tenido en cuenta la carga térmica de los locales a la hora de instalar los equipos en los locales y se puede decir que la climatización en la UHO no responde a un cálculo energético elaborado con anterioridad, por lo que a la hora de climatizar un local no se tuvieron en cuenta una serie de requisitos. Se recomienda que se haga un reordenamiento de los equipos de aire para mejorar este indicador.

A pesar de lo anteriormente expuesto también existen múltiples factores que afectan la eficiencia energética y que unido a la incapacidad de los equipos de aire acondicionados para remover la carga térmica hacen que muchos locales climatizados tengan condiciones desfavorables y se incremente el gasto de energía.

Entre los aspectos que influyen en la eficiencia energética de la climatización están:

- La influencia de la radiación solar:
- La existencia de infiltraciones en los locales.
- La mala regulación del termostato o control de temperatura.
- La falta de mantenimiento a las unidades enfriadoras.

La figura 2.6 muestra el sobre consumo de energía debido a los tres primeros problemas planteados.

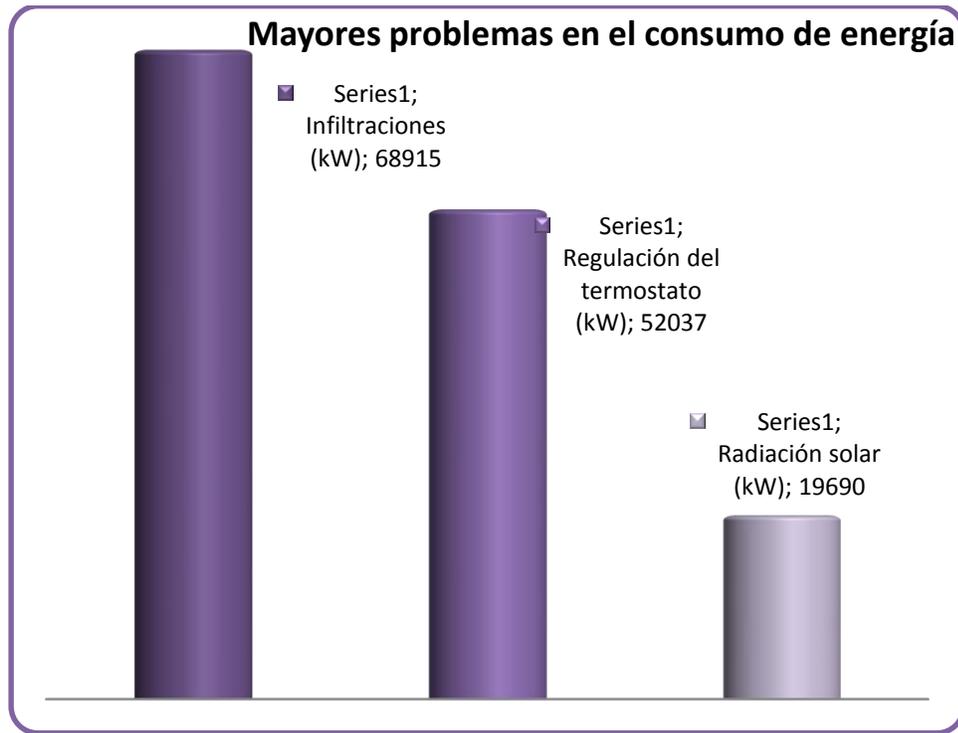


Figura 2.6 Mayores problemas de sobre consumo de energía

Los datos mostrados demuestran que estos problemas se producen por:

✓ **Infiltraciones**



Figura 2.6 Muestra de infiltración a través de ventanas.

Capítulo Análisis del consumo energético de la climatización en la Universidad de Holguín  
 El cálculo de las infiltraciones se realizó teniendo en cuenta el procedimiento de cálculo descrito en el Manual de Aire Acondicionado, Carrier, Parte 1: Estimación de la carga térmica Capítulo 6 Infiltraciones y ventilación.

$$Q_{infiltración} = A * I * V_{viento} * N$$

donde:

$Q_{inf}$ : caudal de infiltraciones

A: área de ventana

I: índice de infiltración para cada tipo de ventana.

$V_{viento}$ : velocidad del viento.

N: cantidad de ventanas

Las ventanas, en dependencia del tipo, tienen un determinado índice de infiltración, y en este caso en específico. En tabla 2.2 se muestran los valores del índice:

Tabla 2.2- Índices de infiltración de las ventanas

TIPOS DE VENTANA	ÍNDICE (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
T1 (140cm x 120cm)	6
T2 (120cm x 140cm)	5
T3 (140cm x 130cm)	1
T4 (170cm x 61cm)	2

En el caso de las puertas solo se tomaron los índices para dos tipos, porque son las de uso frecuente, y las más encontradas en la entidad. Para estas infiltraciones los índices son los mostrados en la tabla 2.3

Tabla 2.3. Índice de infiltraciones por puertas

TIPOS DE PUERTAS	ÍNDICE (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	
	utilizada	no utilizada
T1 (204cm x 0.80cm)(madera)	119	18
T2 (204cm x 0.80cm)(metálica)	183	82

Capítulo Análisis del consumo energético de la climatización en la Universidad de Holguín  
El resultado de la estimación arrojó que existen 40 locales donde la mayor carga está representada por las infiltraciones, lo que representa un 48% (67508,64kWh) del total afectado, y son producidas principalmente por la falta de hermeticidad tanto en puertas como ventanas. Para minimizar estas se deberá cumplir lo siguiente, según NC 220-1: 2009:

- Cierre hermético de ventanas, y en caso de que estas sean de tablillas, no pueden constituir más del 2% del área de la pared que conforma el espacio.
- Las entradas a los recintos deben tener cierre automático (brazo mecánico).
- Las juntas exteriores, grietas y huecos en los componentes de la envolvente del edificio deben ser sellados.
- Por el uso normal de las puertas se garantice la ventilación del local, se puede cerrar la toma de aire exterior de los equipos de climatización

✓ **Mala regulación del termostato**



*Figura 2.7 Muestra de mala regulación del termostato*

Las mediciones y observaciones realizadas, arrojaron que 31 locales tienen problemas con la regulación del termostato, lo que representa el 37% (52037,91kWh) del consumo general. Esto se produce principalmente por la falta de conocimiento de las personas.

Para minimizar este aspecto se deberán cumplir diferentes medidas como:

- Realización de un control periódico por el energético de la entidad.

- Colocación de avisos o estampas que indiquen cómo se debe regular el equipo.
- Instrucción a las personas.

Los locales que presentan problemas de mala regulación del termostato están mostrados en el Anexo VII

✓ **Radiación solar a través de ventanas.**



Figura 2.8 Muestra de radiación a través de cristales

Estas surgen como resultado de tener ventanas de cristal sin el efecto sombra, y se encuentran solamente en 12 locales, lo que representa un 14% (19690,02kWh) Para la disminución de este efecto se pueden aplicar las siguientes medidas:

- La colocación de cortinas.
- Construcción de aleros o quiebrasoles.
- Poner láminas reflectantes en los cristales.

Locales que presentan estos problemas son los mostrados en el anexo IX.

➤ **Problemas de menor consumo.**

Estos problemas se obtienen por el análisis realizado a los gráficos de carga obtenidos en cada local, y son los siguientes:

- Transmisión de calor a través de muros.

- Transmisión de calor a través de techos.
- Transmisión de calor a través de pisos.
- Transmisión de calor a través de particiones.
- Transmisión de calor a través de personas.
- Transmisión de calor a través de equipos eléctricos.
- Transmisión de calor a través de luces.

De lo antes visto podemos concluir que estas las causas, de forma general son por:

- Desconocimiento de un plan de control que permita mantener el equipo trabajando en las condiciones de confort establecidas.
- No existencia de una estrategia que permita un cálculo previo en función de la correcta selección del equipo.

Eficiencia energética.

Conocer el rendimiento de los equipos instalados es otro de los aspectos fundamentales, y teniendo en cuenta la tabla de condiciones normalizadas de evaluación y rendimientos mínimos, se realizaron los cálculos pertinentes. Para ello se tuvo en cuenta el consumo energético medido, lo que arrojó los resultados mostrados en el Anexo XI.

Del análisis de dichos resultados se concluye que existen equipos con muy baja eficiencia energética (los que están en amarillo), porque no alcanzan una eficiencia del 8,5 que es el rendimiento mínimo que deben tener los que trabajan por condensación por aire. Es decir, no tienen un rendimiento óptimo.

Atendiendo a que no existe una política de cálculo previo en la instalación, y que las nuevas propuestas deben jugar con las características ya existentes, se decidió, una vez conocidos los problemas, dar una factible y rápida solución. Que es la proposición de un reordenamiento de equipos, y así contribuir en cierta medida con lo propuesto. Ver Anexo XII

Las medidas para disminuir el consumo de energía por climatización en la UHO se han establecido dos grupos, el primero de medidas inmediatas, y el segundo de medidas que se pueden implementar a largo plazo.

Medidas de aplicación inmediata:

- ✓ Sellar herméticamente las ventanas.
- ✓ Colocar cortinas en ventanas de cristal para disminuir el efecto de la radiación solar.
- ✓ Regular el termostato para mantener el local con temperatura de 24<sup>0</sup>C y humedad relativa entre 50-55%.
- ✓ Realizar un mantenimiento periódico a las unidades de climatización.
- ✓ Cubrir las ventanas y cristales con películas reflectantes.
- ✓ Colocar mayores efectos sombra, como árboles, aleros, quebrasoles, etc.

Medidas de aplicación a largo plazo:

- ✓ Pintar las paredes exteriores con pinturas reflectivas.
- ✓ Utilizar aislantes en techos y paredes exteriores.
- ✓ Implementar las puertas con cierres automáticos(brazo mecánico) y juntas
- ✓ Chequear la iluminación instalada y disminuir en caso de exceso.
- ✓ Implementar un sistema automático de control de la climatización.
- ✓ Realizar el cálculo energético para cada local que se desee climatizar.

## **2.4 Valoración económica**

Luego del estudio realizado es importante destacar que las soluciones planteadas en el trabajo apoyan la política económica del país, porque no solo favorece la calidad de vida del hombre, sino que influye también en la sostenibilidad de la economía en la entidad. La redistribución de equipos y la propuesta de acciones en post del mejoramiento, más allá de todo propósito persiguen la reducción de los costos, tanto de las tarifas eléctricas como de nuevas inversiones.

Con estas nuevas medidas y teniendo en cuenta que el costo de la energía eléctrica es de 0.25\$/kW se obtiene un ahorro de \$7144 por concepto de infiltraciones, \$1576 por concepto de regulación del termostato y \$576 por concepto de radiación solar. Este procedimiento proporcionará que la entidad deje de consumir el equivalente a 37160kWh en un período de 8 meses, lo que mejora cuantitativamente su eficiencia.

## **2.5 Impacto ambiental**

Este trabajo tiene una elevada contribución, aun de manera indirecta, con la sostenibilidad del medio ambiente, porque se inclina hacia la reducción del consumo de energía, fuente que hoy en día está atravesando por una etapa de agotamiento debido al excesivo uso que han estado teniendo los combustibles fósiles.

Con la disminución de 17580 kWh no solo se ahorra el equivalente a \$4395 cada mes, sino que también se evita que 5,8 toneladas de petróleo sean quemadas para suministrar esta energía, y con ello logramos contrarrestar el efecto invernadero, que se ve beneficiado constantemente por el desprendimiento de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

## **CONCLUSIONES.**

Una vez terminado este trabajo de investigación se concluye que:

- Se realizó una caracterización del consumo energético de la UHo, quedando demostrado que la corriente eléctrica es el portador de mayor consumo y dentro de ellos el 30% corresponde a los aires acondicionados para la climatización de locales.
- Se demostró que no hay un estudio previo a el montaje de los aires acondicionados pues el 76,8 de los instalados están por debajo de la capacidad necesaria de diseño
- Las infiltraciones de aire a los locales, la mala regulación del termostato y la entrada de radiación solar por las ventanas constituyen las principales causas del sobre consumo de energía perdiéndose por este concepto 17580 kWh.
- Se propone un plan de medida que en manos de la administración ayudará a elevar la eficiencia energética por concepto de climatización en la UHO.
- Con la aplicación de este trabajo se pueden ahorrar 5,8 toneladas de petróleo al año con un efecto significativo en la economía de la UHo y del aporte al calentamiento global por el CO<sub>2</sub> dejado de emitir.

## RECOMENDACIONES

Se proponen las recomendaciones siguientes:

- Aplicar las propuestas del plan de acciones.
- Continuar este estudio para propuestas más eficientes.
- Realizar este estudio a los diferentes portadores energéticos de la entidad, para conocer con mayor exactitud el consumo real de cada uno de estos.
- Implementar en la UHo la Tecnología de Gestión Eficiente de la Energía

**BIBLIOGRAFÍA**

- Acosta Marrero Gustavo: Condiciones climáticas de diseño para climatización y refrigeración del aire del ambiente exterior de la república de Cuba publicación PM-B, 02, EPROYIV-CECE, Ciudad de la Habana, 1984.
- Altman, Norris R H: Local average heat transfer and pressure drop for refrigerants evaporating in horizontal tubes . Journal of heat transfer, pp 189-198, ed. Rev. Julio 2007.
- Báez, E: Climatización y Evaluación de la Eficiencia Energética, Simposio Mundo energía, España 2003.
- Borroto, A y Monteagudo, J: Gestión y economía energética, Centro de estudios de Energía y Medio ambiente (CEEMA), Editorial Universo.
- Breinstein, H: Control de humedad en sistemas de climatización. Plymouth, GB 2004.
- Carrier S.A. Manual de aire acondicionado, ed Barcelona, 1999.
- Carrier Willis, H y otros: Modern Air Conditioning Corporation, EE.UU, 1959.
- Catá, A. Confort. Otras consideraciones . Convención de Tecnologías y Turismo. Mallorca, 2005.
- CITMA. Producciones Más Limpias en las Políticas y Prácticas Vigentes en Cuba. La Habana, 2003.
- Colectivo de Autores. Recopilación. Temas de Transferencia de calor . C.U.J.A.E., La Habana, 1978.
- Colectivo de autores. Temas avanzados de Refrigeración y Climatización. C.E.E.M.A. Editorial Universo Sur. Universidad de Cienfuegos, 2006.
- Comisión nacional para el uso eficiente de la energía, 2013. Eficiencia energética y energía renovable. 16p. Disponible en: <http://www.energy-base.org>
- De Armas Teyra Marcos A: Curso breve sobre la calidad de la energía eléctrica, Instituto de Ingeniería de Mexicali 71p, 2004.
- De Melo O: Energías . Revista Cubana de Física. 25 (1) 13-16, 2008

- Erico, Frigerio. Emisividad en el N.O.A. Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 4, N° 2, pp 11.07-11.12, Resistencia, 2006.
- Espinosa Villarroel, José: Impacto del Mantenimiento en la Eficiencia Energética, Memorias del evento GMC. Santiago de Chile 25p, 2008.
- Faires, M. Virgil. Termodinámica. ed. Revisada 1981.
- Fontela Reyes Henry R., Tesis. 2008.
- Gómez, B. Fisiología de la transpiración. Deporte y Salud ed. Pueblo y Educación. 05/1998.
- González, C. Historia del Aire Acondicionado. Disponible en [www.wikipweiaa.com](http://www.wikipweiaa.com).
- Hernández Guerrero, Luvia. Manual de usuarios para el software Carrier HAP 4.51. Tesis en Opción del Título de Ingeniero Mecánico, Holguín, 2014
- Historia de la Climatización. Tomado de: [www.carrier.es/](http://www.carrier.es/). Pub. Castellana p.36-38. Citado en [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com) (Consultado Mayo/2008).
- Kirilin, V, A: Termodinámica Técnica, traducción de Antonio Molina García, Editorial MIR, Moscú, 1976.
- López, A. Consideraciones energéticas de los Procesos Psicrométricos. Cali. Colombia, 2006.
- Lora, J. Costo energético de la calidad del aire Rev. Tecno-Cir. p, ed. Cornos. Buenos aires, 2006.
- Márquez, P. Incidencia de la explotación en el COP. de las instalaciones de Climatización. Art. 3 (42-48) Univ. Barcelona. España, Nov. 2000.
- Martínez Almaguer Yilian. Estudio de la eficiencia energética en la climatización de la Universidad de Holguín. Tesis en opción del Título de Ingeniería Mecánica, Holguín 2014.
- Mora Aguilera, Jorge A., propuesta de solución para elevar la eficiencia energética de la climatización en el hospital pediátrico de Holguín. Tesis en opción al título de Master en Eficiencia Energética, Holguín 2011.
- NC ISO 5001:2013. Sistema de Gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso, 2011.

- Orosco Carlos: Ahorro de energía y eficiencia energética en sistemas de aire acondicionado y refrigeración, Scientia et Técnica. Universidad de Pereira. (10) p24-31, Colombia, 2004.ISSN 0122-1701.
- Pomares Tabares, Rafael: Sistema de gestión de energía p26, Universidad de Cienfuegos 2006.
- Proyecto de Ing. Mecánica 4 UHO, 2014.
- Quadri,Néstor:Conceptos básicos para el ahorro energético en instalaciones de aire acondicionado,Editorial Alsina 2006.Disponible en [www.climategateway.com](http://www.climategateway.com). (Consultado en Junio 2012).
- Salcedo, G. York International S.A. de C.V. Revista Refrigeración Industrial, ene. 2005. Disponible en [www.mx.com](http://www.mx.com). (Consultado Mayo/2008).
- Sánchez López Ana B. y otros: Guía de ahorro y eficiencia energética , p47 España 2005.Disponible en [www.ecoinformas.com](http://www.ecoinformas.com).
- Stoecker, W. F.Refrigeración y Acondicionamiento de Aire 1981.
- Suplemento Energía y Medio Ambiente. Tabloide. 2005, La Habana.
- Trane.Aire Acondicionado, ed ,Revisada. Plenium, Londres,2002.

## ANEXOS

## Anexo # I: Datos básicos para el estudio de factibilidad

## 1. Combustibles:

El precio de los combustibles que se debe utilizar en los estudios de factibilidad de inversiones que sustituyen el uso directo de combustibles fósiles o disminuyen su consumo se muestra en la tabla siguiente

Combustible	Precio	
	CUP/t	USD/t
Petróleo crudo nacional	366	450,38 *
Fuel Oil	504	680 **
Diesel Oil	621	767,50 *
Gasolina	?	937,42 *
Gas licuado de petróleo	?	800,098 **
Leña	20	0
Marabú	120	0

\* Según promedio real exportación 2011 efectuada por Cuba

\*\* Precio importación promedio 2011

NOTA: 95,01 USD/b WTI = 723,026 USD/t

110,80 USD/b Brent = 836,54 USD/t

Con el propósito de uniformar los valores de densidad y poder calórico de los principales combustibles que se usan en el país, se sugiere utilizar, de ser necesario, los reflejados en la tabla siguiente.

Combustible	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	Poder calórico (MJ/t)
Petróleo crudo nacional	0,97	44726
Fuel Oil	0,88	42636
Diesel Oil	0,912	45353
Gasolina	0,718	47234
Gas licuado de petróleo	0,553	50076
Leña (seco)	0,650	19000
Marabú (seco)	1,1	19400

Nota: 1 m<sup>3</sup> estéreo de leña= 0,42 m<sup>3</sup> sólidos

t	PRODUCTOS	Combustible	Valor Calórico
---	-----------	-------------	----------------

		Equivalente (t)	kcal/kg
1	Gasolina Regular	1,18	11200,0
1	Gasolina Especial	1,18	11200,0
1	Gasolina Super	1,18	11200,0
1	Diesel	1,06	10102,0
1	Kerosina	1,08	10222,0
1	Alcohol (hl)	0,66	6311,0
1	Nafta	1,18	11200,0
1	Gas Licuado	1,23	11670,0
1	Petróleo Combustible	1,00	9500,0
1	Diesel Fuel	1,03	9758,0
1	Aguarrás	1,08	10222,0
1	Diesel Marino	1,06	10102,0
1	Turbocombustible	1,08	10222,0
1	Gasolina de Aviación	1,18	11200,0
1	Crudo Nacional	0,97	9200,0
1	Crudo Importado	1,11	10500,0
1	Asfaltos	0,97	9200,0
1	Plato Colector	1,00	9473,0
1	Cutter	1,03	9758,0
1	Aceite Usado	1,00	9500,0
1	Gas Natural	0,95	9000,0
1	Gas Manufacturado	0,52	4900,0
1	Productos Ligeros	1,18	11200,0
1	Productos Medios	1,06	10102,0
1	Productos Pesados	0,98	9300,0
1	Leña	0,43	4065,9
1	Bagazo	0,25	2400,0
1	Paja de caña	0,16	1500,0
1	Biogás	0,49	4611,3
1	Carbón vegetal	0,80	7600,0
1	Basura doméstica clasificada	0,13	

1 t de leña = 4065,93 kcal

1 m<sup>3</sup> de leña = 910 kg

1 m<sup>3</sup> de leña = 3700 kcal

1 t de biogás = 4611,3 kcal

1 m<sup>3</sup> de biogás = 4500 kcal

Valor Calórico del combustible equivalente 9500 kcal/kg

## 2. Electricidad:

### a. Disminución de consumo de electricidad del SEN

El promedio del año 2011 es de 0,27 USD/kW·h, teniendo en cuenta la estructura de generación y el consumo de los portadores asociados al costo país de los mismos.

El consumo de combustible equivalente en el 2011 es de 0,3328 t/MW·h.

El costo de la electricidad que se sustituye por generación con fuentes renovables de energía, o se sustituye con acciones de eficiencia energética está determinada en cada horario del día por la tecnología que genera la electricidad más cara en cada periodo. En la tabla 3 se muestran los valores del índice de consumo de generación de cada tecnología reportados por la ONE en el Anuario Estadístico de Cuba 2010 (tabla 10.17) y las pérdidas eléctricas desde la generación hasta el consumidor final en cada caso tomados del documento de la ONE Panorama Económico y Social. Cuba 2010. Los precios de los combustibles utilizados son los reportados en la Tabla 1.

<b>Tabla 3. Bases para el cálculo del costo evitado de la electricidad consumida por el cliente final.</b>				
Periodo del día	Horario	Se sustituye generación con	Índice de consumo en la generación	Pérdidas eléctricas
			g/kW·h	%
Horario del día	5:00 – 17:00	Fuel oil	217,9 211	11,6
Horario del pico	17:00 – 21:00	Diesel	233,9 220	11,6
Horario de la noche	21:00 - 24:00	Fuel Oil	217,9 211	11,6
Horario de madrugada	24:00 – 5:00	Crudo nacional	279,0 280	15,9

El resultado de este cálculo se muestra en la tabla 4 asumiendo que el costo reportado en CUC es el costo por combustible y que este representa el 60% del costo total de la electricidad.

<b>Tabla 4. Costo evitado de la electricidad consumida por el cliente final.</b>				
Periodo del día	Horario	Costo		
		CUC/ kWh	CUP/ kWh	Total/ kWh
Horario del día	5:00 – 17:00	0,165	0,110	0,275
		0,160	0,107	0,267
Horario del pico	17:00 – 21:00	0,259	0,173	0,432
		0,233	0,155	0,388
Horario de la noche	21:00 - 24:00	0,165	0,110	0,275
		0,160	0,107	0,267
Horario de madrugada	24:00 – 5:00	0,181	0,121	0,302
		0,182	0,121	0,303
Las 24 h		0,185	0,123	0,308
		0,183	0,120	0,303

**Anexo II: Código de distribución de locales.**

CÓDIGO	NOMBRE
ED-A-1-1	Taller 1. (Inversiones)
ED-A-1-2	Taller 2. (Inversiones)
ED-A-1-4	J' Dpto. de Inversiones
ED-A-2-1	Aula # 1 (CEGEM)
ED-A-2-2	Aula # 2 (CEGEM)
ED-A-2-3	Laboratorio Investigación (CEGEM)
ED-A-2-4	Oficina del Director (CEGEM)
ED-B-1-1	Lab.Científ 2: grupo de investig. del plástico. Cuarto de balanzas.
ED-B-1-2	Dpto Fís-Quím. Local de profesores de Quím.
ED-B-2-1	Lab Física (Linux Pauling)
ED-B-2-2	Dpto Física Quím. Lab óptica.
ED-B-2-3	Dpto de profesores.
ED-B-2-4	Lab. Mecánica
ED-E-1-1	Lab. Ergonomía y SHO
ED-E-1-2	Lab. Ciencia de los Materiales.
ED-E-1-3	Lab. TI
ED-E-2-1	Lab. Física
BB-B-1-1	Dirección de información científico técnica
BB-B-1-2	Nodo
BB-B-2-1	Referencia
BB-B-2-2	Sala de Digitalización, Certificación
BB-C-1-1	Dpto de Especialista Pcpal
BB-C-1-2	Sala de Internet
BB-C-1-3	Salón 25 Aniversario
BB-C-2-1	Oficina Vicerrectora
BB-C-2-2	Salón
EA-A-0-1	Lab. Mec. 1
EA-A-0-2	Lab. Civil 2
EA-A-1-1	SIGENU (Secretaría)

EA-A-1-2	Nodo VRE. Direcc. Económica
EA-A-1-3	Laboratorio. Direcc. Económica
EA-A-1-4	Dcción de recursos Humanos
EA-A-1-5	Oficina de facturación
EA-A-2-1	Lab de Comp. Lic Matemática
EA-A-2-2	Seguridad Informática
EA-A-2-3	Decano facultad de Ing.
EA-A-3-1	Dpto Ing. Civil
EA-A-3-1.1	Dpto Ing. Civil. Oficina 1
EA-A-3-1.2	Dpto Ing. Civil. Oficina 2
EA-A-3-2	Asesores. Postgrado
EA-A-3-3	Vicerrector Postgrado
EA-B-0-1	Aula Especializada
EA-B-1-1	Tecnología Energética
EA-B-1-2	Disciplina Integradora
EA-B-1-3	Disciplina Mtto
EA-B-1-4	Dcción de Informatización
EA-B-1-5	Facultad de Inf y Mat
EA-B-2-1	Nodo Ing Ind, Mec y Econ
EA-B-2-1.1	Nodo Ing Ind, Mec y Econ (1)
EA-B-2-2	J´Dpto Contab
EA-B-2-5	Laboratorio Agronomía
EA-B-3-1	Aula especializada Contab.
EA-B-3-2	Aula Proyecto colaboración con Econ.
EA-B-3-3	Disciplina Vial
EA-B-3-4	Disciplina Estructura
EA-B-3-5	Lab Industrial
EA-C-1-1	Lab de Proyectos
EA-C-1-2	Nodo Central
EA-C-1-2.1	Nodo (1)
EA-C-1-3	Lab Informática
EA-C-1-4	CAD CAM
EA-C-1-5	CAD CAM

EA-C-1-6	CAD CAM
EA-C-1-7	CAD CAM
EA-C-1-8	CAD CAM
EA-C-2-1	Lab. Turismo
EA-C-2-2	Lab. Civil
EA-C-2-3	Lab. Mecánica
EA-C-2-4	Lab. Economía
EA-C-2-5	Lab. Contabilidad
EA-C-3-1	Lab. de Redes
EA-C-3-2	J´Dpto. Lab de Programación
EA-C-3-3	J´Carrera
EA-C-3-4	Secretaria J´Dpto
EA-C-3-5	Lab. Inteligencia Artificial
EA-C-3-6	Lab. de Programación
EA-C-3-7	Lab. Inform. Industrial
EA-C-3-8	Lab. del MININT
EA-C-3-9	Casa del Software
RE-A-1-1	Lab. Residencia Estudiantil
RE-A-1-2	Restaurant
RE-A-1-3	Dirección Administrativa
RE-A-1-4	Aula
RE-C-1-1	Teatro. Casa Estudiantil
RE-C-1-2	Radio Base
RE-C-2-1	Extensión Universitaria
RE-C-2-2	Local Música
AL-A-1-1	Local J´ Brigada
AL-D-1-1	Oficina Dtor ATM

### Anexo III: Condiciones externas e internas de Proyecto.

#### Condiciones Exteriores de Proyecto

(Informativo)

(Ver NC 45:1999 Bases para el diseño y construcción de inversiones turísticas —  
Parte 6: Requisitos de Mecánica)

Ciudad ( territorio)	Condiciones de verano		DT diario (°C)	Condiciones de invierno TBS (°C)	Vientos predominantes	
	TBS (°C)	HR (%)			Verano	Invierno
San Antonio	32	70	8,5	16,5	8 ENE	14 NE
Pinar del Río	32	64	10,0	13,5	7 E	10 E
Bahía Honda	32,5	61	10,0	13,5	6 E	8 ESE
C. de la Habana	32	62	8,0	17	10 ENE	14 E
Isla de la Juventud	32	67	8,5	14,5	8 E	13 E
Matanzas	33	61	9,5	15	7 ENE	10 NE
Varadero	33	66	9,5	14	-	-
Santa Clara	33	60	11,0	13,5	5 E	8 ESE
Cienfuegos	33	60	10,5	14,5	5 E	12 NE
Sagua La Grande	33,5	63	10,5	14	6 E	8 E
Topes de Collantes	27 <sup>a</sup>	73	4,0	10,5 <sup>a</sup>	10 E	10 NE
Trinidad	33	60	4,5	16,5	8 E	12 ENE
Sancti Spiritus	33,5	63	10,5	16	16 NNE	8 N
Ciego de Ávila	34	59	11,5	13,5	7 EN	12 N
Morón	34	65	10,5	14,5	10 E	13 NE
Esmeralda	34	59	11,5	12,5	7 E	7 E
Camaguey	34	59	12	14,5	12 E	15 NE
Nuevitas	31,5	58	7,5	17	14 E	16 E
Las Tunas	33,5	60	11,5	14,5	11 E	11 NE
Gibara	32	70	8,0	17	-	-
Banes	33	57	10,0	16,5	14 E	13 E
Pinares de Mayarí	27 <sup>a</sup>	61	10,0	12,5 <sup>a</sup>	-	-
Santiago de Cuba	33,5	60	11,5	16,5	18 NE	8 NE
Cabo Cruz	33	69	9,0	17 <sup>a</sup>	14 ESE	15NNE
Gran Piedra	23,5 <sup>a</sup>	84	7,5	11 <sup>a</sup>	18 NE	24 NNE
Punta Maisí	33	69	7,0	19	16 E	17 ENE

<sup>a</sup> Condiciones excepcionales de dicha localidad (microclimas)

## ❖ Condiciones interiores para el diseño.

### Condiciones Interiores de Proyecto (Informativo)

(Ver NC 45:1999 Bases para el diseño y construcción de inversiones turísticas —  
Parte 6: Requisitos de Mecánica)

Locales	Temperaturas interiores						
	Bulbo seco			Bulbo húmedo			
	K	(°C)	Desviación	K	(°C)	Desviación	
1	2	3	4	5	6	7	
Oficinas	297	(24)	±2,0	292	(19)	±2,0	
Salones de reuniones	297	(24)		292	(19)		
Cines	297	(24)		292	(19)		
Teatros	297	(24)		292	(19)		
Bibliotecas	297	(24)		292	(19)		
Tiendas	297	(24)		292	(19)		
Bares	297	(24)		292	(19)		
Restaurantes	297	(24)		292	(19)		
Escuelas	297	(24)		292	(19)		
Laboratorios	297	(24)		292	(19)		
Centros de cálculo	297	(24)	±2,0	292	(19)	±2,0	
	295	(22)		290	(17)		
Laboratorios	Químicos	297	(24)	290	(19)	±2,0	
	Físicos	297	(24)	290	(19)		
	Ensayos	297	(24)	290	(19)		
Cuartos de revelado	297	(24)	±2,0	290	(19)	±2,0	
Centros metrologicos de verificación y reparación de medios de medición	293	20		288	(15)		
Hoteles	Habitaciones	297	(24)	292	(19)	±2,0	
	Vestibulos y otros	298	(25)	±2,0	293		(20)
	Cabarets	296	(23)	291	(18)		
	Dancing Light	296	(23)	291	(18)		
Centros nocturnos (Clubes)	297	(24)	±2,0	292	(19)	±2,0	
Barberías y peluquerías	297	(24)		292	(19)		
Locales de servicios personales	297	(24)		292	(19)		

### Requerimientos de aire de renovación (Informativo)

(Ver NC 45:1999 Bases para el diseño y construcción de inversiones turísticas —  
Parte 6: Requisitos de Mecánica)

Locales / Áreas	Por persona en m <sup>3</sup> /h		m <sup>3</sup> /h por m <sup>2</sup> de superficie	
	Min	Máx*	Min	Máx
Habitaciones y suites	15	25		
Apartamentos	15	25		
Cuartos de baño privado y aseo público	-	-	7	12
Cafeterías y bares	35	50		
Restaurantes y comedores	18	30		
Salones de belleza (peluquería y barbería)	35	50		
Salas de funciones				
· Fumadores	18	30	10	
· No fumadores	10	15	4	
Oficinas	25	50	2	
Salas de fiesta	25	50		
Tiendas locales de venta general	17	25		
Vestuarios	55	80	9	18
Vestíbulo de entrada	15	25		
Almacén			1	
Garajes				
· Hoteles			18	
· Aparhoteles			10	
Cocina central	55	70**	12	
Cocina apartamento			3	5
Gimnasio	35	50		

## ❖ Iluminación:

TIPO
Adesada al techo,sin ventilación
Adesada al techo, ventilada
Colgando

BALLAST	
Fluorescente	1.25
Incandescente	1

## ❖ Equipos:

---

EQUIPOS - POTENCIA(kW)	
Lámparas 32 o 40	0.04
Lámparas 20	0.02
AC LG 6000	0.56
AC LG 12000	1.22
AC LG 24000	2.82
Computadoras	0.25
Refrigeradores	0.86
Televisores	0.085

---

---

Ventilador Imput	0.01
Ventilador Vince	0.12
Ventilador Órbita	0.12
Neveras	0.68
Split	7.1
Ventilador rústico	0.18
Caja de agua	0.65
AC BK 1500	1.2
Cautín	0.5
AC Samsung	1.22
Ventilador de techo	0.12
Radio	0.05
Hornillas	1.5

---

**Anexo IV: Principales características de estos locales**

Estructuras de las ventanas:

VENTANAS QUE NO SON DE CRISTAL		
Tipo 1 (Metálico)	Tipo 2 (Madera (2 hojas))	Tipo 3 (Madera (2 hojas))
L: 1.20	L: 1.40 m	L: 1.92 m
a: 1.40	a: 1.20 m	a:1.20 m

Estructuras de ventanas:

VENTANAS					
Tipo 1 (simple)	Tipo 2 (2 hojas)	Tipo 3 (1 hoja)	Tipo 4 (Cristal largo)	Tipo 5 ( 2 hojas)	Tipo 6 (1 hoja)
L: 0.50 m	L: 1.40 m	L: 0.50 m	L: 1.70 m	L: 1.20 m	L:1.40 m
a: 0.80 m	a: 1.30 m	a: 1.30 m	a: 0.61 m	a: 1.20 m	a: 0.40 m

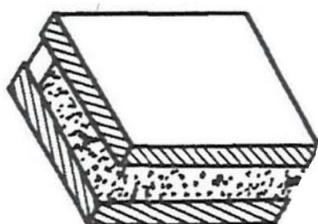
Estructuras de puertas:

PUERTAS			
Tipo 1 (Metálica)	Tipo 2 (Madera)	Tipo 3 (Plástica)	Tipo 4 (Cristal)
L: 2.04 m	L: 2.04 m	L: 2.65 m	L: 2.04 m
a: 0.80 m	a: 0.80 m	a: 0.65 m	a: 0.61 m

Características de las paredes:

PAREDES-TIPOS	Peso (unidad)
Panel prefabricado. Hormigón	288kg---2.88kN
Bloque de 0.20m (para niveles inferiores)	280kg---2.80kN
Bloque de 0.15m (para niveles superiores)	200kg---2.00kN

Estructura de techos y cubiertas:




---

### TECHOS Y CUBIERTAS

---

Loza azotea (rasilla)

Enrajonado (relleno de mejoramiento)

Hormigón armado (compactación normal)

---

Estructura de los pisos:




---

### PISOS Y ENTREPISOS

---

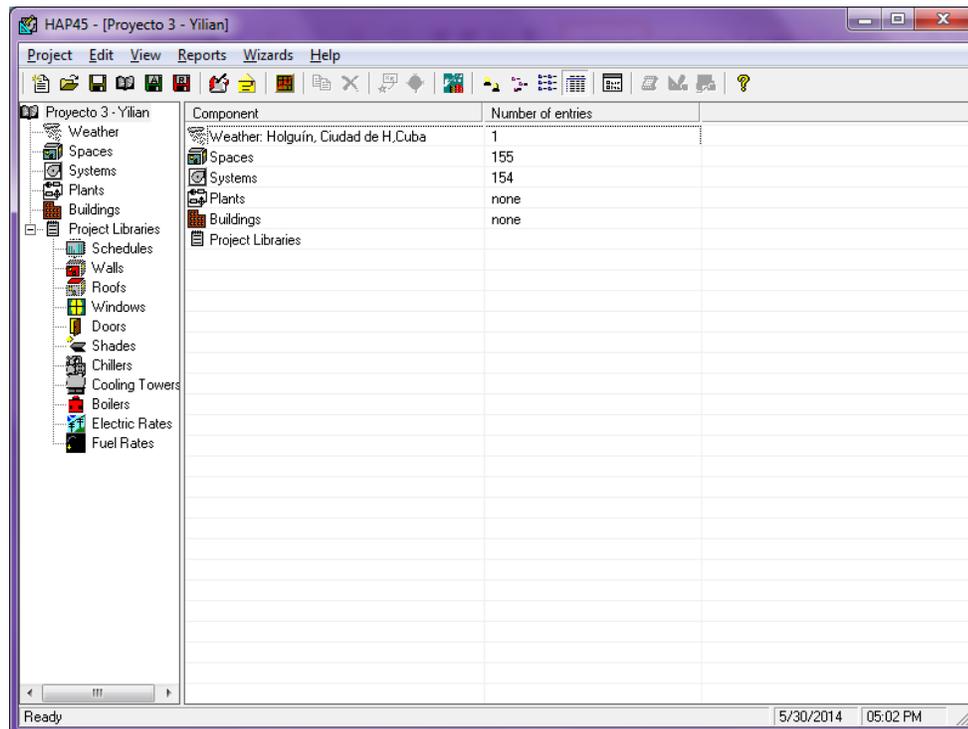
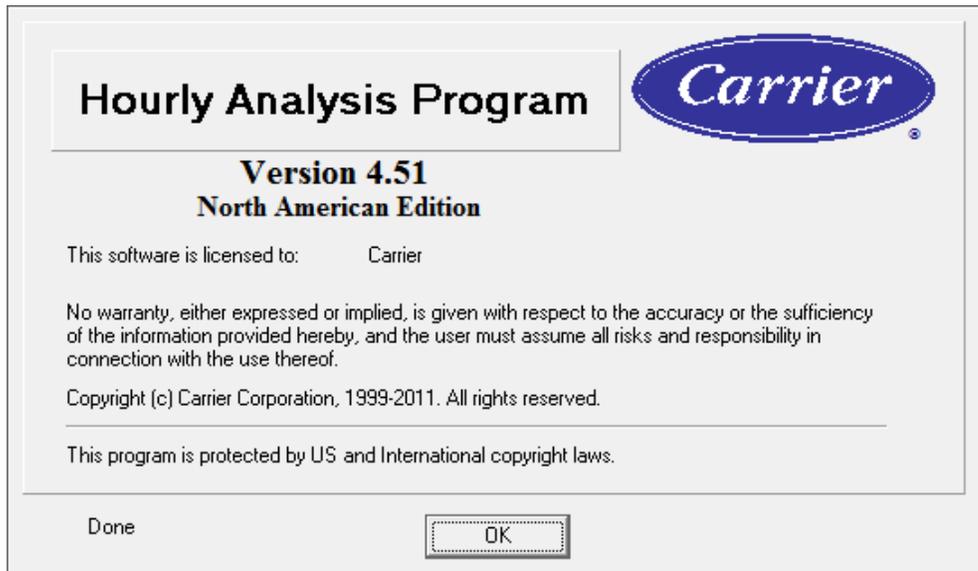
Loza granito

Enrajonado (relleno de mejoramiento)

Hormigón armado (compactación normal)

---

**Anexo V-Software Carrier HAP 4.51**



**Anexo VI: Carga térmica calculada e instalada en los locales de la UHo.**

 con equipo de menor potencia instalada que la necesaria calculada.

LOCAL	POTENCIA CALCULADA			POTENCIA INSTALADA		
	CÓDIGO	kW	BTU/h	TR	kW	BTU/h
ED-A-1-1	6.9	23544	1.9	1.75	6000	0.5
ED-A-1-2	4.3	14672	1.2	1.75	6000	0.5
ED-A-1-4	3.6	12284	1	7	24000	2
ED-A-2-1	7.7	26273	2.1	7.02	12000*2	2
ED-A-2-2	8.9	30368	2.5	5.25	6000*3	1.5
ED-A-2-3	3.2	10919	0.9	1.75	6000	0.5
ED-A-2-4	4	13649	1.1	7	24000	2
ED-B-1-1	3.2	10919	0.9	1.75	6000	0.5
ED-B-1-2	11.7	39922	3.3	3.5	6000*2	1
ED-B-2-1	8.6	29344	2.4	1.75	6000	0.5
ED-B-2-2	17.1	58348	4.8	7.02	12000*2	2
ED-B-2-3	6.9	23544	1.9	3.51	12000	1
ED-B-2-4	17.6	60054	5	5.26	6000+12000	1.5
ED-E-1-1	6.3	21496	1.7	7.02	12000*2	2
ED-E-1-2	26.3	89739	7.4	7.02	12000*2	2

LOCAL	POTENCIA CALCULADA			POTENCIA INSTALADA		
ED-E-1-3	9.1	31050	2.5	7	24000	2
ED-E-2-1	14.4	49135	4	7.02	12000*2	2
BB-B-1-1	4.6	15696	1.3	1.75	6000	0.5
BB-B-1-2	4.4	15013	1.2	7	24000	2
BB-B-2-1	4.4	15013	1.2	1.75	6000	0.5
BB-B-2-2	3.2	10919	0.9	1.75	6000	0.5
BB-C-1-1	6.2	21155	1.7	7	24000	2
BB-C-1-2	35.8	122155	10.1	14	24000*2	4
BB-C-1-3	32.1	109530	9.1	28.13	96000	8
BB-C-2-1	6.8	23203	1.9	1.75	6000	0.5
BB-C-2-2	5.3	18084	1.5	5.25	6000*3	1.5
EA-A-0-1	18.4	62783	5.2	7.02	12000*2	2
EA-A-0-2	11.1	37875	3.1	7.02	12000*2	2
EA-A-1-1	3.3	11260	0.9	7	24000	2
EA-A-1-2	5.9	20132	1.6	1.75	6000	0.5
EA-A-1-3	3.7	12625	1	3.51	12000	1
EA-A-1-4	2.8	9554	0.7	1.75	6000	0.5
EA-A-1-5	3.3	11260	0.9	1.75	6000	0.5
EA-A-2-1	7.6	25932	2.1	7	24000	2

LOCAL	POTENCIA CALCULADA			POTENCIA INSTALADA		
EA-A-2-2	2.8	9554	0.7	7	24000	2
EA-A-2-3	3.2	10919	0.9	3.51	12000	1
EA-A-3-1	2.4	8189.1	0.6	1.75	6000	0.5
EA-A-3-1.1	4.7	16037	1.3	1.75	6000	0.5
EA-A-3-1.2	3.4	11601	0.9	1.75	6000	0.5
EA-A-3-2	4.4	15013	1.2	7	24000	2
EA-A-3-3	3.1	10578	0.8	1.75	6000	0.5
EA-B-0-1	8.2	27980	2.3	7.02	12000*2	2
EA-B-1-1	6.3	21496	1.7	7	24000	2
EA-B-1-2	2.7	9212.8	0.7	1.75	6000	0.5
EA-B-1-3	2.4	8189.1	0.6	1.75	6000	0.5
EA-B-1-4	4.4	15013	1.2	7	24000	2
EA-B-1-5	3.7	12625	1	7	24000	2
EA-B-2-1	3.5	11942	0.9	7	24000	2
EA-B-2-1.1	3.5	11942	0.9	1.75	6000	0.5
EA-B-2-2	2.9	9895.2	0.8	1.75	6000	0.5
EA-B-2-5	5.5	18767	1.5	3.5	6000*2	1
EA-B-3-1	9.4	32074	2.6	14	24000*2	4
EA-B-3-2	14	47770	3.9	7.02	12000*2	2

LOCAL	POTENCIA CALCULADA			POTENCIA INSTALADA		
EA-B-3-3	4.1	13990	1.1	3.51	12000	1
EA-B-3-4	2.9	9895.2	0.8	3.51	12000	1
EA-B-3-5	24.6	83939	6.9	21	24000*3	6
EA-C-1-1	16.2	55277	4.6	3.5	6000*2	1
EA-C-1-2	5.4	18426	1.5	7	24000	2
EA-C-1-2.1	15.2	51865	4.3	10.55	6000+30000	3
EA-C-1-3	26.2	89398	7.4	10.55	6000*2+12000*2	3
EA-C-1-4	3.1	10578	0.8	1.75	6000	0.5
EA-C-1-5	3.2	10919	0.9	1.75	6000	0.5
EA-C-1-6	3.3	11260	0.9	1.75	6000	0.5
EA-C-1-7	5.7	19449	1.6	4.2	14330	1.19
EA-C-1-8	10.7	36510	3	7	24000	2
EA-C-2-1	10.8	36851	3	7	24000	2
EA-C-2-2	13.2	45040	3.7	3.5	6000*2	1
EA-C-2-3	13.1	45040	3.7	5.25	6000*3	1.5
EA-C-2-4	11.4	38898	3.2	3.51	12000	1
EA-C-2-5	11.3	38557	3.2	7	24000	2
EA-C-3-1	6.1	20814	1.7	3.5	6000*2	1
EA-C-3-2	3.9	13307	1.1	1.75	6000	0.5

LOCAL	POTENCIA CALCULADA			POTENCIA INSTALADA		
EA-C-3-3	3.2	10919	0.9	1.75	6000	0.5
EA-C-3-4	1.1	3753.4	0.3	1.75	6000	0.5
EA-C-3-5	3.3	11260	0.9	1.75	6000	0.5
EA-C-3-6	3	10236	0.8	1.75	6000	0.5
EA-C-3-7	4.2	14331	1.1	1.75	6000	0.5
EA-C-3-8	9	30709	2.5	14	24000*2	4
EA-C-3-9	11.8	40263	3.3	7	24000	2
RE-A-1-1	17	58006	4.8	7.02	12000*2	2
RE-A-1-2	12.2	41628	3.4	14	24000*2	4
RE-A-1-3	3	10236	0.8	7	24000	2
RE-A-1-4	5.8	19790	1.6	7	24000	2
RE-C-1-1	56.1	191421	15.9			
RE-C-1-2	2.3	7847.9	0.6	1.75	6000	0.5
RE-C-2-1	7.4	25250	2.1	2.4	17000	1.4
RE-C-2-2	9.7	33098	2.7	2.4	17000	1.4
AL-A-1-1	3.8	12966	1	1.75	6000	0.5
AL-D-1-1	3.4	11601	0.9	1.75	6000	0.5

**Anexo VII:** Locales con infiltraciones por puertas y ventanas

EA-C-3-8	EA-A-1-3
EA-B-2-1	EA-A-0-2
EA-C-3-3	EA-A-0-1
EA-C-3-5	EA-A-3-2
EA-C-3-7	EA-B-0-1
EA-C-3-9	EA-B-1-5
AL-D-1-1	EA-B-3-1
EA-C-2-3	EA-A-1-1
EA-C-2-2	EA-C-2-4
EA-C-2-1	RE-A-1-3
EA-B-3-5	EA-C-3-1
EA-B-3-2	EA-C-2-5
EA-B-2-2	EA-C-1-2
EA-B-1-2	EA-B-3-4
EA-A-3-3	EA-B-3-3
EA-A-3-1.2	EA-B-1-4
EA-A-3-1.1	EA-B-1-3
EA-A-3-1	EA-B-1-1
EA-A-2-3	EA-A-2-1
EA-A-1-2	EA-A-1-5

**Anexo VIII. Locales con mala regulación del termostato.**

---

BB-B-1-2	EA-A-3-2
ED-A-2-4	ED-E-1-1
ED-B-2-3	ED-A-1-4
ED-B-1-1	EA-B-3-1
ED-E-1-2	EA-A-1-1
ED-A-2-3	RE-A-1-3
ED-E-2-1	EA-C-2-5
ED-B-2-2	EA-C-1-2
EA-C-1-1	EA-B-3-4
EA-C-1-2.1	EA-B-3-3
BB-C-1-1	EA-B-1-4
BB-C-2-2	EA-B-1-3
RE-A-1-1	EA-B-1-1
RE-A-1-4	EA-A-2-1
EA-C-3-4	EA-A-1-5
EA-A-1-2	

---

**Anexo IX: Locales con pérdidas de energía por la radiación solar**

---

RE-C-2-2

---

ED-B-1-2

EA-C-1-6

EA-C-1-7

EA-C-1-8

EA-C-1-5

EA-C-1-4

BB-C-1-2

RE-C-1-2

BB-B-2-2

RE-C-2-1

ED-B-2-4

BB-C-1-3

---

**Anexo X: Consumo de portadores energéticos en la UHo.**

Portador	UM	Años			Promedio	Índice TCE	TCE
		2011	2012	2013			
Electricidad	MW	745,07	760,43	802,71	769,41	0,3328	256,1
Diesel Transporte	Ton	59,09	62,19	64,66	61,98	1,06	65,7
Gasolina	Ton	34,73	35,18	35,97	35,29	1,18	41,7
Diesel Caldera	Ton	29,45	30,36	28,45	29,42	1,06	31,2
G.L.P	Ton	14,15	16,63	18,91	16,56	1,23	20,4

**Anexo XI: Eficiencia de la climatización en cada uno de los locales (EER).**

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>EER</b>
ED-A-1-1	Taller 1. (Inversiones)	18.8
ED-A-1-2	Taller 2. (Inversiones)	15.2
ED-A-1-4	J'Dpto de Inversiones.	12.1
ED-A-2-1	Aula # 1 (CEGEM)	12.8
ED-A-2-2	Aula # 2 (CEGEM)	9.8
ED-A-2-3	Dpto Fís Quím: Lab. Investig. (CEGEM)	15.2
ED-A-2-4	Oficina del Director (CEGEM)	14.2
ED-B-1-1	Lab.Científ 2: grupo de investig. del plástico. Cuarto de balanzas.	16.04
ED-B-1-2	Dpto Fís-Quím. Local de profesores de Quím.	15.2
ED-B-2-1	Lab Física (Linux Pauling)	21.3
ED-B-2-2	Dpto Física Quím. Lab óptica.	8.8
<b>ED-B-2-3</b>	<b>Dpto de profesores.</b>	<b>7.3</b>
ED-B-2-4	Lab. Mecánica	11.3
ED-E-1-1	Lab. Ergonomía y SHO	7.46
ED-E-1-2	Lab. Ciencia de los Materiales.	9.7
ED-E-1-3	Lab. TT	12.1
ED-E-2-1	Lab. Física	15.4
BB-B-1-1	Direcc. De Inf. Cientí. Técnica.	15.2
BB-B-1-2	Nodo	15.6
BB-B-2-1	Referencia	10
<b>BB-B-2-2</b>	<b>Sala de Digitalización, Certificación...</b>	<b>6.4</b>
BB-C-1-1	Dpto de Especialista Pcpal	13.2
BB-C-1-2	Sala de Internet	11.1
BB-C-1-3	Salón 25 Aniversario	22.2
BB-C-2-1	Oficina Vicerrectora	9.4
BB-C-2-2	Salón	16.3
EA-A-0-1	Lab. Mec. 1	10.7

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>EER</b>
EA-A-0-2	Lab. Civil 2	10.7
EA-A-1-1	SIGENU (Secretaría)	11.1
EA-A-1-2	Nodo VRE. Direcc. Económica	13.9
EA-A-1-3	Laboratorio. Direcc. Económica	12.8
EA-A-1-4	Dcción de recursos Humanos	13.3
EA-A-1-5	Oficina de facturación	14.5
EA-A-2-1	Lab de Comp. Lic Matemática	10.5
EA-A-2-2	Seguridad Informática	10.7
EA-A-2-3	Decano facultad de Ing.	22.1
EA-A-3-1	Dpto Ing. Civil	14.5
<b>EA-A-3-1.1</b>	<b>Dpto Ing. Civil. Oficina 1</b>	<b>8.2</b>
EA-A-3-1.2	Dpto Ing. Civil.Oficina 2	11.8
EA-A-3-2	Asesores. Postgrado	14.7
EA-A-3-3	Vicerrector Postgrado	8.6
<b>EA-B-0-1</b>	<b>Aula Especializada</b>	<b>6.8</b>
EA-B-1-1	Tecnología Energética	10.6
EA-B-1-2	Disciplina Integradora	18.8
EA-B-1-3	Disciplina Mtto	12.8
EA-B-1-4	Dcción de Informatización	11
EA-B-1-5	Facultad de Inf y Mat	18.8
EA-B-2-1	Nodo Ing Ind, Mec y Econ	14.5
EA-B-2-1.1	Nodo Ing Ind, Mec y Econ (1)	8.44
EA-B-2-2	J´Dpto Contab	18.8
EA-B-2-5	Laboratorio Agronomía	11
EA-B-3-1	Aula especializada Contab.	11
EA-B-3-2	Aula Proyecto colaboración con Econ.	44
EA-B-3-3	Disciplina Vial	10
EA-B-3-4	Disciplina Estructura	9.8
EA-B-3-5	Lab Industrial	22.6

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>EER</b>
EA-C-1-1	Lab de Proyectos	14.26
EA-C-1-2	Nodo Central	9.3
EA-C-1-2.1	Nodo (1)	10.2
EA-C-1-3	Lab Informática	9.8
EA-C-1-4	CAD CAM	12.3
EA-C-1-5	CAD CAM	12.8
EA-C-1-6	CAD CAM	11.4
EA-C-1-7	CAD CAM	24.7
EA-C-1-8	CAD CAM	16.2
EA-C-2-1	Lab. Turismo	15
EA-C-2-2	Lab. Civil	12.8
EA-C-2-3	Lab. Mecánica	10.8
EA-C-2-4	Lab. Economía	8.7
EA-C-2-5	Lab. Contabilidad	11.1
<b>EA-C-3-1</b>	<b>Lab. de Redes</b>	<b>1.9</b>
EA-C-3-2	J´Dpto. Lab de Programación	11.8
EA-C-3-3	J´Carrera	11.06
EA-C-3-4	Secretaria J´Dpto	11.06
EA-C-3-5	Lab. Inteligencia Artificial	13.3
EA-C-3-6	Lab. de Programación	13.9
EA-C-3-7	Lab. Inform. Industrial	11.4
EA-C-3-8	Lab. del MININT	23.5
EA-C-3-9	Casa del Software	5.3
RE-A-1-1	Lab. Residencia Estudiantil	7.2
RE-A-1-2	Restaurant	9.9
RE-A-1-3	Dirección Administrativa	12.4
RE-A-1-4	Aula	14.7
RE-C-1-1	Teatro. Casa Estudiantil	
RE-C-1-2	Radio Base	16

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>EER</b>
RE-C-2-1	Extensión Universitaria	10.9
RE-C-2-2	Local Música	10.9
AL-A-1-1	Local J´ Brigada	13.3
AL-D-1-1	Oficina Dtor ATM	12.3

## Anexo XII. Propuesta de reordenamiento de los aires acondicionados.

Propuesta de reubicación para algunos aires acondicionados de la UHO Oscar Lucero Moya:

1. Hacer cambio de equipos entre los locales EA-A-1-1 (24000 BTU/h) y EA-C-2-4 (12000 BTU/h).
2. Hacer cambio de equipos entre EA-B-3-1 (24000 BTU/h\*2) y ED-B-2-4 (12000 BTU+6000 BTU/h).
3. Hacer cambio de equipos entre RE-C-2-1 (12000-17000 BTU/h) y EA—B-1-5 (24000 BTU/h).
4. Hacer cambio de equipo entre EA-B-2-1 (24000BTU/h), ED-A-2-1 (12000 BTU/h\*2) y AL-A-1-1(6000 BTU/h).

De este cambio me queda disponible el aire de AL-A-1-1(6000 BTU).

5. Hacer cambio de equipos entre ED-A-1-4 (24000 BTU/h) , EA-B-0-1 (12000 BTU/h\*2) y EA-B-2-5 (6000 BTU/h\*2)
6. Hacer cambio de equipos entre EA-A-3-2 (24000 BTU/h), BB-C-2-1 (6000 BTU/h) y ED-E-1-1(12000 BTU/h\*2).
7. Hacer cambio de equipos entre EA-C-3-8 (24000 BTU/h\*2) y ED-A-2-2 (6000 BTU/h\*3)

De este cambio me queda disponible un aire de ED-A-2-2 (6000 BTU/h)

8. Hacer cambio de equipos entre RE-C-2-2 (12000-17000 BTU/h) y EA-A-2-2 (24000 BTU/h).

Aquí utilizo el aire disponible de AL-A-1-1 (6000 BTU/h)