

**Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
Facultad de Metalurgia-Eletromecánica
Departamento de Ingeniería Mecánica**

Título: *Evaluación del sistema de climatización de la Empresa Empleadora del Níquel y su incidencia en el consumo energético.*

Autor: *Genry Castro Sanamé*

Tutores: *Ms.C. Ever Góngora Leyva
Ing. Carlos Zalazar Oliva*

***Moa – 2012
“Año 54 de la Revolución”***

Declaración de Autoridad

Yo: Genry Castro Sanamé

Autor de este Trabajo de Diploma y los tutores profesor auxiliar Ms.C. Ing. Ever Góngora Leyva, Ing. Carlos Zalazar Oliva, certificamos su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa y a la Empresa Empleadora del Níquel, hacer uso del mismo en la finalidad que estimen conveniente.

Firma de Genry Castro Sanamé.

Firma de Ever Góngora Leyva.

Firma de Carlos Zalazar Oliva.

PENSAMIENTO

Lo que nos queda por delante en este siglo, en el próximo siglo y siempre, todo tendrá que ver con la calidad de la educación y creo que esta idea es realmente el centro de nuestras preocupaciones y nuestro problema actuales.

Fidel Castro Ruz

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más profundo agradecimiento a mi Madre Radys y esposa Migdalia por el interés indulgente que ha demostrado en el transcurso de mi carrera, a mis hijas por todo el apoyo que me dieron, a todos mis amigos y compañeros de trabajo que me brindaron su apoyo incondicional, a toda mi familia, y de forma general a aquellos que han hecho posible la realización de este trabajo.

Agradezco al profesor auxiliar, Ms.C. Ing. Ever Góngora Leyva, mi tutor, por todo su apoyo, por su paciencia, por incitarme a seguir luchando para lograr mi sueño, a mi tutor Ing. Carlos Zalazar Oliva que lo estimo por su apoyo y ayuda incondicional, también quisiera agradecer aquellos profesores que de una forma u otra han hecho posible la realización de este trabajo, como el Dr. C. Tomás Hernaldo Fernández Columbié, a ustedes gracias.

Agradezco al Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz por posibilitarme estudiar en una sociedad donde el estudio es prioridad de toda persona y a la Revolución por los ilimitados horizontes que ha abierto con su leal protección a todos los estudiantes del país.

A todos.....Gracias

Genry Castro Sanamé

DEDICATORIA

- *En especial a mi madre por su exigencia y desvelo para que este sueño se hiciera realidad.*
- *A mi esposa e hijas por su amor y abnegación.*
- *A mis queridos familiares por su deseo de que este sueño se hiciera realidad.*
- *A mis tutores por su incondicional apoyo todo el tiempo.*
- *A mis profesores por su contribución a mi formación profesional.*
- *A mis compañeros de estudio y amistades por su constante preocupación.*
- *A la Revolución Cubana y a Fidel por brindarle a la Juventud esta oportunidad tan maravillosa.*

Resumen

En el presente trabajo se realizó un diagnóstico energético en La Empresa Empleadora del Níquel con el fin de conocer el comportamiento de los principales portadores energético, arrojando en el estudio que la energía eléctrica es el portador de mayor consumo con el 55 % del total. A demás se evaluó la incidencia de la climatización en el consumo de la energía eléctrica. También se exponen las principales consideración teóricas y metodológicas para el cálculo de la climatización.

Se determinó la carga térmica de cada uno de los locales de la empresa con el objetivo de compara la carga instalada con la estimada mediante la metodología de cálculo seleccionada de la bibliografía especializada, la cual arrojó que en la mayoría de los locales la carga térmica estimada y la instalada son muy similares. En los otros casos resultó ser que carga térmica calculada es mayor que la instalada, por lo que en el trabajo se propone la sustitución de esos equipos por otros que si deben garantizar la condición de confort en dichos locales.

A demás se realizó una valoración económica de los resultados obtenidos en el trabajo y el impacto medioambiental que representa una incorrecta manipulación de las sustancias que se utilizan en la climatización.

ABSTRACT.

In the current work paper, an energy diagnosis of the Enterprise Empleadora del Niquel is carried out in order to know the behaviour of the main energetic carriers, yielding as a result that the electric power is the greatest consuming carrier with a 55% total. Besides, an assessment was made on the incidence of acclimatization in the electric power consumption. also the main methodological and theoretical considerations are stated for the acclimatization calculation.

The thermal load of each of the rooms in the enterprise was established in order to compare the installed load to the estimated load through the calculation methodology picked out of the specialized bibliography, which resulted in the fact that the estimated thermal load in most rooms is similar to the installed load. in other cases the thermal load calculated was greater than the installed load, thus the workpaper suggests the replacement of those equipment for others which may guarantee the comfort conditions in such rooms.

Also an economic assessment was made about the results obtained in the work and the environmental impact representing an incorrect handling of the substances used in the acclimatization process.

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. MARCO TÉORICO-METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.	4
1.1- Introducción	4
1.2- Trabajos procedentes	4
1.3- Gestión energética.....	6
1.4- Generalidades de los sistemas de climatización	7
1.4-1. Clasificación de los sistemas de climatización	9
1.4-2. Condiciones de diseño	10
1.5- Descripción de la instalación en estudio.....	12
Conclusiones del capítulo 1	13
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN.	14
2.1- Introducción	14
2.2- Materiales y herramientas	14
2.3- Procedimiento de cálculo para la estimación de la carga térmica	18
2.3-1. Ganancia de calor por radiación solar a través de vidrios	18
2.3-2. Ganancia de calor a través de componentes estructurales.....	19
2.3-3. Concentración de personas como base de diseño.....	21
2.3-4. Ganancias de calor originadas por equipos instalados en el interior de los locales	22
2.3-5. Ganancia de calor por infiltración y ventilación	23
2.3-6. Ventilación y cargas térmicas.....	24
2.4- Ciclo básico de aire acondicionado	26
2.4-1. Cálculo del Factor de Calor Sensible del Local (FCSL).....	26
2.4-2. Factor de Calor Sensible Total (FCST)	26
2.4-3. Factor de Calor Sensible Efectivo (FCSE)	27
2.4-4. Determinación del APR	27
2.4-5. Caudal de suministro al local.....	28
2.4-6. Finalmente se calcula la carga total sobre la batería de enfriamiento	29
Conclusiones del Capítulo 2	29

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS, VALORACIÓN ECONÓMICA E IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	31
3.1- Introducción	31
3.2- Resultados del diagnóstico de energía realizado en la Empresa Empleadora del Níquel	31
3.3- Cálculo de la carga térmica	34
3.2-1. Radiación Solar a través de cristales	35
3.2-2. Transmisión de calor por estructuras	36
3.2-3. Infiltraciones	38
3.2-4. Ventilación exterior	38
3.2-5. Ocupantes	38
3.2-6. Ganancia por equipos e iluminación.....	39
3.4- Análisis de los resultados de la carga térmica	39
3.5- Selección de los equipos	40
3.6- Valoración económica	41
3.7- Estudio de la contaminación ambiental	41
Conclusiones del capítulo 3	43
RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXOS	50

INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías en los proyectos de aire acondicionado para confort tienen como objetivo la disminución del consumo energético y la simplificación de las tareas de mantenimiento sobre la base del desarrollo de los sistemas inteligentes de automatización. En la actualidad la generación de energía posee un elevado costo por lo que es de vital importancia el estudio de los criterios de diseño de las instalaciones y su reducción implica una necesidad, especialmente la del aire acondicionado que constituye de por sí, el mayor consumidor de energía en los edificios.

La Empresa Empleadora del Níquel está dentro de la infraestructura del Grupo Empresarial “Cubaníquel” en el municipio de Moa Provincia de Holguín ubicada en Avenida Demetrio Presilla S/N, donde su función fundamental es la prestación de servicio al cliente. Desde su inicio hasta la fecha ha sufrido varias transformaciones que han incidido en la carga térmica de climatización, señalando además que se usan climatizadores de pared, los cuales tienen alto nivel de ruido y deterioro causado por el ambiente corrosivo imperante en el municipio. El tiempo de vida útil de estos equipos es de aproximadamente un año y el consumo de energía eléctrica es elevado.

A pesar de los esfuerzos realizados por el personal de mantenimiento, aún persisten deficiencias en las instalaciones climatizadas, entre los que se encuentran:

- No se realizó un estudio previo de las cargas térmicas para la instalación de los equipos de aire acondicionado.
- Se incrementó el número de cursos de superación obligando a modificar las aulas y con ello varió su carga térmica.
- Desconocimiento de la zona de confort dentro del cual deben de estar los parámetros que caracterizan el ciclo de evolución del aire.
- Incremento del número de equipos y de personas en oficinas.

Todas estas deficiencias imponen la necesidad de evaluar las cargas térmicas y consumos energéticos por concepto de climatización para establecer el confort y garantizar la calidad del aire en el interior de los locales de la Empresa Empleadora del Níquel, aspecto éste que ha dado origen al presente trabajo.

A partir de los elementos antes mencionados se declara como **problema**:

Se desconoce la incidencia de la climatización en la calidad del aire interior y el consumo energético de la Empresa Empleadora del Níquel.

A partir del problema identificado se define como **objeto de estudio**: la climatización de la Empresa Empleadora del Níquel.

Campo de acción: Eficiencia Energética.

Sobre la base del problema a resolver se establece la siguiente **hipótesis**:

A través de la evaluación del sistema de climatización de la Empresa Empleadora del Níquel es posible seleccionar los equipos de aire acondicionado y establecer los parámetros adecuados para el aire de suministro al local, garantizando el menor costo posible y el mínimo consumo energético.

En correspondencia con la hipótesis planteada, se define como **objetivo general del trabajo**:

Evaluar el sistema de climatización de la Empresa Empleadora del Níquel, su incidencia en la calidad del aire y el consumo energético de la instalación.

A partir del objetivo general de la investigación se definen los **objetivos específicos** siguientes:

1. Determinar el índice de consumo de energía por concepto de climatización.
2. Determinar la carga térmica de climatización de la Empresa Empleadora del Níquel.

Para lograr el cumplimiento del objetivo propuesto, se plantean las siguientes **tareas de trabajo**:

3. Realizar un análisis bibliográfico que permita el establecimiento del estado del arte sobre la temática tratada.
4. Establecer el comportamiento de los portadores energéticos en el año precedente y la incidencia de la climatización en los mismos.
5. Establecer el procedimiento de cálculo adecuado para la estimación de la carga térmica en los locales estudiados.
6. Seleccionar los equipos a instalar en los locales que garanticen un consumo racional de energía eléctrica.

7. Valorar económicamente la propuesta efectuada considerando el impacto ambiental asociado a la misma

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO-METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1- Introducción

La climatización o acondicionamiento de aire es el proceso de tratamiento del mismo dentro de un espacio determinado con el fin de establecer y mantener condiciones de confort o bien las necesarias para la conservación de un producto o para un proceso de fabricación. Cuando la climatización se realiza con el objetivo de lograr el confort humano, se deben lograr condiciones microclimáticas óptimas, que serán aquellas que no provoquen variaciones del estado general y funcional del organismo, garantizándose de esta forma el bienestar térmico del hombre y por tanto, las condiciones óptimas para su rendimiento, en tal sentido el objetivo del capítulo es:

Establecer los aspectos teóricos sobre la climatización y la descripción de los locales de la Empresa Empleadora del Níquel que permitan su evaluación energética.

1.2- Trabajos precedentes

Durante la investigación se consultaron varios trabajos y estudios relacionados con el tema de evaluación de sistemas de climatización y estimación de la carga térmica. La revisión bibliográfica estuvo dirigida a la información relacionada con la parte teórica y metodológica de la temática tratada.

Para la realización del trabajo fue necesario la consulta de la bibliografía especializada en la estimación de la carga térmica de climatización, donde se destaca Polaino; et al. (1987), en la cual se resumen los términos, definiciones y las ecuaciones necesarias para la estimación de la carga térmica, también se muestran las tablas necesarias para la solución de dichas ecuaciones.

Poirier; et al. (1979) realizaron un estudio para el Electric Power Research Institute, el cual involucró modelos de tipo econométrico y splines con el fin de estimar la demanda residencial para un pequeño conjunto de consumidores en Estados Unidos de América, de los cuales se contaba con información cada 15 minutos. Modelos

spline jerárquicos fueron empleados por Hendricks & Koenker (1992) para modelar la demanda de electricidad horaria de cuatrocientas residencias ubicadas en el área metropolitana de Chicago, medidas durante cuatro meses en 1985.

A la estimación de la carga térmica de diferentes locales se dedicaron varios autores en sus trabajos de tesis, entre los que se destacan Durán (2004), Valdespino (2004), Hernández (2005), Ruiz (2004), y Lamoth (2005); Borges (2010) ellos centraron su trabajo en la selección de las condiciones de diseño interior y exterior, y el cálculo de las diversas ganancias de calor en los locales estudiados. También establecieron los parámetros del ciclo de evolución del aire para cada local y seleccionaron los equipos de climatización requeridos garantizando el uso eficiente de los recursos energéticos.

Por su parte, Soriano (2002), además de realizar el cálculo de la carga térmica del local de servidores de la empresa "Cmdte. Pedro Sotto Alba", seleccionó y diseñó el sistema de conductos que garantiza una correcta distribución del aire dentro del local, una máxima eficiencia económica y una operación tranquila y sin ruidos.

Según Vilchez (2003), para el ahorro energético en instalaciones de climatización, la utilización de sistemas de control más eficaces son:

- La gestión de componentes del sistema, que es un sistema de control convencional sobre un bucle de distribución de agua de dos tubos que necesita un control de cambio de modo de operación, con un criterio que ha de definirse cuidadosamente.
- La gestión de enfriamiento gratuito por aire exterior y recuperación de calor, donde la utilización del enfriamiento gratuito por aire exterior debe ser en función de las condiciones climatológicas de la zona en que se ubica el edificio, de la radiación solar absorbida por la envolvente del mismo y de las cargas internas de ocupación, iluminación y las aportadas por otros consumidores energéticos.

Murillo; et al. (2003), realizan un estudio usando modelos de tipo ARIMA. En este caso el pronóstico de demanda de energía eléctrica se basa en datos históricos suministrados por la Empresa de Energía de Pereira en el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2001.

Resulta interesante la revisión del trabajo de Abella (2005), donde el autor además de estimar la carga térmica real de las instalaciones Villa Coral y Villa Vigía, realizó un análisis del comportamiento de los portadores energéticos en dichas instalaciones demostrando que la climatización es el elemento de mayor incidencia en los elevados consumo de energía eléctrica.

Fernández (2006), desarrolla una aplicación de modelos de regresión. En este estudio la ecuación de demanda establece una relación no lineal entre el consumo doméstico de electricidad y el precio de ese consumo, así como un conjunto de características del hogar que se trate, personal y demográfico, de los individuos que forman parte de la muestra. La estimación se realiza a través de un análisis paramétrico de mínimos cuadrados en dos etapas, así como de un análisis de regresión no paramétrica, mediante técnicas kernel, que permite fundamentar de forma más robusta la especificación funcional paramétrica.

Rojas (2001), Cuba (2004), Borges (2010) realizaron el estudio de la climatización del Hotel "Miraflores", determinando las principales deficiencias que presentan las unidades de acondicionamiento de aire en la instalación, y la carga térmica de la instalación. Además propusieron un reordenamiento de los aires acondicionados de ventana, garantizando así el uso eficiente de los mismos.

1.3- Gestión energética

Desde la segunda mitad de los años setenta, el ahorro o uso racional y eficiente de la energía ha sido fundamental para mantener los niveles de bienestar y desarrollo de las sociedades industrializadas. En nuestro país cada vez hay mayor interés en promover planes, programas y medidas de uso eficiente de la energía, con objeto de mejorar la competitividad y productividad en el sector comercial e industrial.

La Eficiencia Energética en Cuba tiene la “Revolución Energética” iniciada a finales del año 2005 y desarrollada con toda fuerza a partir del 2006, lo que conlleva la puesta en práctica de nuevas concepciones para el desarrollo de un sistema electroenergético nacional más eficiente y seguro, y un uso racional y eficiente de la energía en todos los sectores de la sociedad cubana, haciendo del ahorro de energía el sustento fundamental del desarrollo del país. El ahorro total alcanzado con los programas de la Revolución Energética entre el 2006 y el 2007 ascienden a 2795 GWh , equivalentes a 961 419 toneladas de combustible convencional, (Armas 2008).

Al incrementarse los costos de la energía, a medida que el suministro y el uso de la misma requieren de esfuerzo de planificación a medio plazo, se comprende la necesidad de establecer mecanismos de gestión energética, es decir, conocer los consumos y usos de las distintas fuentes energéticas.

Lo más importante para lograr la eficiencia energética, no es sólo tener un plan de ahorro, sino que exista un sistema de gestión energética que garantice que ese plan sea renovado siempre que sea necesario, que desarrolle nuevos hábitos de producción y consumo en función de la eficiencia energética.

A partir de la literatura consultada se deduce que no se ha establecido un método estándar para solucionar el pronóstico de energía, debido a la complejidad que conlleva el mismo. Igualmente, se han empleado con frecuencia algunas técnicas para dar solución a este problema, algunas veces utilizadas como herramienta de apoyo a otras metodologías estadísticas de predicción.

1.4- Generalidades de los sistemas de climatización

La climatización consiste en crear las condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los espacios habitados. Ésta puede ser natural o artificial y tiene dos vertientes:

- La calefacción o climatización de invierno.

- La refrigeración o climatización de verano.

La calefacción en Cuba, por su ubicación geográfica en el globo terráqueo que determinan las condiciones climáticas, no se utiliza, solo se utiliza la climatización de verano dado a que por ser una isla tropical la temperatura no varía mucho en el año.

El principal objetivo de la climatización es lograr la comodidad térmica, importante para el bienestar de los seres vivo, ésta se sujeta a tres factores importantes y que pueden variar a las condiciones:

- **El factor humano:** este factor depende de manera de vestir, el nivel de actividad y el tiempo durante el cual las personas permanecen en la misma situación, además también la edad y el sexo, influye sobre la comodidad térmica.
- **El espacio:** La temperatura radiante media de los parámetros del local considerado y la temperatura ambiental.
- **El aire:** Su temperatura, velocidad y humedad relativa.

Entre estos factores, el humano puede ser muy variable, puesto que depende del gusto o actividad de las personas. Los demás pueden controlarse para ofrecer una sensación de bienestar.

- La **temperatura exterior:** Los elementos separadores del interior de los edificios con el exterior no son impermeables al paso del calor, aunque pueden aislarse convenientemente. El calor pasa desde el ambiente más cálido al ambiente más frío dependiendo de la diferencia de temperaturas entre ambos ambientes.
- **La radiación solar:** Con el desarrollo de los nuevos edificios, las nuevas técnicas han favorecido el empleo del cristal y el incremento térmico es considerable en verano cuando la radiación solar los atraviesa, El acristalamiento excesivo no es deseable en climas cálidos, pero sí en climas fríos; incluso en cerramientos opacos, no acristalados, calienta la superficie exterior aumentando el salto térmico exterior e interior y por lo tanto el paso del calor por los cerramientos opacos.

- **La ventilación:** La introducción de aire exterior en el edificio puede modificar la temperatura interna de éste, lo cual puede suponer un problema cuando el aire exterior está a 30°C.
- **La ocupación:** El número de ocupantes aumenta en los edificios, generando cada uno entre 80 y 150 W de carga térmica, según la actividad realizada.
- **La ofimática:** La proliferación de aparatos electrónicos, ordenadores, impresoras y fotocopiadoras que forman parte de las oficinas modernas, generan cargas térmicas importantes.
- **La iluminación:** La iluminación es un factor de calentamiento importante que se estima en una carga de entre 15 a 25 W/m². Grandes almacenes modernos pueden calentarse gracias únicamente a un sistema de iluminación y al calor producido por los usuarios, esta situación es bastante frecuente en Europa.

Evidentemente, muchas de estas cargas son favorables en invierno, pero no en verano. Todas ellas deben ser dominadas y compensadas si uno desea obtener un ambiente confortable en verano. El único medio de asegurar esta comodidad es la climatización.

1.4-1. Clasificación de los sistemas de climatización

Los sistemas de climatización lo constituyen equipos o máquinas que transportan la energía en forma de calor de un medio a otro, los cuales modifican la temperatura en virtud del efecto deseado y en correspondencia de la zona a emplear para conseguir las condiciones de confort deseadas, estos sistemas poseen una amplia clasificación, de acuerdo a:

➤ **Su uso**

- Para el confort: tiene como objetivo crear condiciones ambientales que propicien bienestar y óptimo rendimiento.

➤ **Su forma de instalación**

- Sistemas centralizados: todos sus componentes están ubicados en una sola máquina donde se lleva a cabo el proceso de acondicionamiento de aire.

- Sistemas semi-centralizados: consiste en que el montaje de los equipos es individual en cada local.
- **En procesos industriales**
 - Su función es propiciar las condiciones ambientales óptimas de modo que se satisfagan las necesidades en la producción industrial.
- **En dependencia de la estación del año**
 - Equipos de enfriamiento (en verano).
 - Equipos de calefacción (en invierno).
 - Equipos de enfriamiento y calefacción (todo el año).

1.4-2. Condiciones de diseño

Para lograr una correcta climatización es necesario tener en cuenta algunas consideraciones como las condiciones de diseño interior y exterior y los factores que influyen en ellos.

Condiciones de diseño exterior

Las condiciones de diseño exterior se le denominan a los valores de temperatura a bulbo seco y húmedo, humedad relativa, variación diurna de temperatura, velocidad y dirección de los vientos predominantes. Todos estos valores estarán determinados por las condiciones climatológicas del lugar donde está situado el local a climatizar.

Factores que influyen en la condiciones de diseño exterior

En una localidad dada existen variaciones de temperatura y humedad que ocurren a través de la superficie de la tierra, los cuales se deben a diferentes factores:

- Inclinación del eje de rotación de la tierra respecto a su plano de giro con relación al sol: éste determina la cantidad de energía solar recibida en un lugar de la superficie terrestre y su variación en el transcurso del año, así como la incidencia de la latitud geográfica, lo cual determina la cuantía de energía solar absorbida por la tierra, en qué cantidad es almacenada y la rapidez con que es rechazada a la atmósfera.

- La tierra: es un agente de absorción de rayos solares, lo que provoca un ascenso de su temperatura superficial. Del calor absorbido por la tierra será almacenado una parte en las capas superficiales de la corteza terrestre, el resto será transmitida por convección a la atmósfera y por radiación nuevamente al espacio.
- El agua: su comportamiento es diferente al de la tierra ante los efectos de los rayos solares, pues resulta parcialmente transparente a la radiación, lo que provoca que la energía se acumule en las profundidades del mar y por ende la temperatura de la tierra no se eleva mucho durante el día, pero en la noche el calor almacenado por la tierra es cedido a la atmósfera más rápidamente que el mar, ya que el mismo almacenó menor cantidad de energía en las capas superiores de la corteza terrestre que en las profundidades del mar y por lo tanto la temperatura de la superficie de la tierra es menor que la de la superficie del mar durante la noche.
- Calentamiento desigual entre la tierra y el mar: lo anterior provoca el movimiento del aire y como resultado de esto en la atmósfera ocurren expansiones y compresiones adiabáticas con el consecuente aumento y disminución de la temperatura del aire.
- La formación del rocío: ésta determina las variaciones diarias de las condiciones atmosféricas en una zona dada, donde como consecuencia del rechazo de calor almacenado en el día y en la noche ocurre un continuo descenso de las temperaturas de la tierra y el aire en contacto con ella debido a la transferencia convectiva que se establece entre ellos.

Todos estos factores influyen en el balance energético realizado entre la tierra, el espacio y las diferentes zonas de la propia corteza terrestre debido al desigual calentamiento de los mismos en el tiempo, provocando a su vez corrientes de aire.

Consideraciones de diseño interior

Las condiciones de diseño interior son aquellas en que se debe mantener las condiciones atmosféricas deseadas en el interior del local, independientemente de las variaciones y de las condiciones del tiempo exterior, estas condiciones tienen en cuenta:

Características de la edificación: El ingeniero o técnico debe obtener las particularidades y todos los rasgos del edificio como: materiales de construcción, tamaño de los componentes, colores externos de fuentes y formas, que son normalmente determinados a partir de los planos de la edificación y especificaciones.

Además se debe tener en cuenta la cantidad de ocupantes y estadía, cantidad de luminarias y su tipo, equipos internos instalados y posibles a instalar, actividad o procesos que se desarrollan dentro de cada local que contribuyen a aumentar la carga interna, estudio en días o en meses de las temperaturas más altas, e incidencia solar sobre las estructuras con vista a realizar el cálculo de las cargas térmicas, diseño apropiado del tamaño de los sistemas de aire acondicionado central, los cuales requieren de más cálculos complementarios.

El tipo de sistema de acondicionamiento de aire, energía de ventilación, ubicación del ventilador, pérdidas y ganancias de calor de los conductos, filtración de los mismos, sistemas de iluminación por extracción de calor y el tipo de sistemas de retorno de aire, afectan la carga térmica del sistema y el tamaño de los componentes.

1.5- Descripción de la instalación en estudio

El Edificio fue construido según proyecto del año 1989 como laboratorio según consta en los datos obrantes el cual no fue utilizado con ese fin. El inmueble ha sufrido transformaciones y adaptaciones por lo que dada su construcción inicial como laboratorio tenía notables carencias funcionales para el uso actual, precisó una importante labor de reforma interior para la distribución de los espacios con el objetivo de devolver al edificio una buena funcionalidad y confort.

El centro está ubicado al nordeste de la fábrica Pedro Soto Alba con un área de 1599 m² en dos niveles y cuenta con 52 locales

Conclusiones del capítulo 1

- El análisis bibliográfico mostró la existencia de trabajos dedicados a la evaluación de la carga térmica y selección de equipos de acondicionamiento de aire.
- A pesar de existir trabajos realizados en el objeto de estudio de esta investigación, la situación actual de la instalación desconoce la incidencia de la climatización en la calidad del aire interior y el consumo energético.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN.

2.1- Introducción

La evaluación energética de los locales climatizados es de gran importancia el tener en cuenta el procedimiento de cálculo que se emplea, la literatura consultada recoge varios métodos, por los cuales se debe determinar el más adecuado en correspondencia con las particularidades de los locales analizados, en tal sentido el **objetivo** del presente capítulo es:

Establecer el procedimiento de cálculo adecuado para la evaluación de los locales mediante la conjugación de diferentes aspectos teóricos metodológicos propuestos en investigaciones anteriores.

2.2- Materiales y herramientas

Para el desarrollo de la investigación se hicieron mediciones de los parámetros necesarios para la evaluación de la carga térmica en los locales, como temperatura, dimensiones de los locales, largo, ancho y altura, además se determinó la humedad relativa, intensidad de la corriente y otras.

Los parámetros medidos, así como los instrumentos de medición y sus respectivas características técnicas se exponen en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Parámetros medidos durante el desarrollo de la investigación

Parámetros	Instrumentos	Características técnicas
Temperatura	Termómetro	Rango de medición (-40 a 60 °C)
Dimensiones de: Locales, puertas y ventanas	Cinta métrica	Rango de medición (0 a 5 m)
Humedad relativa	Psicrómetro	Rango de medición (0 a 100 %)
Intensidad de Corriente	Amperímetro	Rango de medición (0 a 300 A)
Orientación de los locales	Brújula	-----

Para la obtención de estos parámetros se emplearon las siguientes herramientas:

Diagrama de Pareto: Es una gráfica en forma de barras que clasifica en forma descendente factores que se analizan en función de su frecuencia, importancia absoluta o relativa. Adicionalmente permite observar en forma acumulada la incidencia total del factor en estudio.

Está inspirado en el principio conocido como pocos vitales y muchos útiles o Ley 80-20, que reconoce que en los procesos hay unos pocos elementos o causas realmente importantes (20 %) que generan la mayor parte del efecto (80 %). En otras palabras, del total de problemas que causan la baja eficiencia energética de una empresa, sólo unos cuantos de ellos afectan de manera vital su competitividad; y del total de causas de un problema, sólo pocas de ellas son determinantes de gran parte del mismo.

Aplicando el principio de Pareto para resolver el problema del ahorro de energía, el primer paso que se debe dar es localizar prioridades, es decir, en qué energético (electricidad, gas, combustibles) se genera un mayor gasto. Esta localización se hace estratificando el consumo de energía por tipo de energético y representándolo a través del diagrama de Pareto.

El Histograma: Es una instantánea de la capacidad del proceso y revela tres características del mismo:

El Histograma que se presenta más a menudo es aquel que tiene un valor central donde se agrupan el mayor número de observaciones y con frecuencias decrecientes a ambos lados del mismo. Este diagrama es definido como “distribución normal”. La distribución normal es aquella que descubre la variabilidad de un hecho cuando interviene solamente la aleatoriedad.

El Histograma se usa para:

- Obtener una comunicación clara y efectiva de la variabilidad del sistema.
- Mostrar el resultado de un cambio del sistema.
- Identificar anomalías examinando la forma.
- Comparar la variabilidad con los límites de especificación

Gráficos de Control: Los gráficos de control son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos. Generalmente se usan como instrumento de autocontrol por los círculos y grupos de calidad y resultan muy útiles como apoyo a los diagramas causa y efecto, cuando se aplica a cada fase del proceso y detectar en cuales fases se producen las alteraciones.

Su importancia consiste en que la mayor parte de los procesos productivos tienen un comportamiento denominado normal, es decir existe un valor medio del parámetro de salida muy probable de obtener, mientras que a medida que se aleja de este valor medio la probabilidad de aparición de otros valores de este parámetro cae bruscamente, si no aparecen causas externas que alteren el proceso, hasta hacerse prácticamente cero para desviaciones superiores a tres veces la desviación estándar (3S) del valor medio. Este comportamiento (que puede probarse en caso que no se esté seguro que ocurra) permite detectar síntomas anormales actuando en alguna fase del proceso y que influya en desviaciones del parámetro de salida controlado. El gráfico de control se obtiene de graficar los valores reales del parámetro de control obtenidos en el tiempo sobre el valor medio y sus fronteras de desviación.



Figura 1.1 **Psicrómetro:**

Psicrómetro: Está formado por dos termómetros, determina la humedad relativa midiendo la temperatura ambiente y la temperatura de una fuente de agua en evaporación. El bulbo de uno de ellos está envuelto en un tejido que se mantiene siempre humedecido. (Ver figura 1.1)

La evaporación desde la superficie del bulbo húmedo dentro de la corriente de aire enfría el bulbo húmedo hasta una temperatura estacionaria tal que haya un equilibrio entre el calor perdido por la evaporación y el ganado por la convección y radiación. Esta temperatura depende de la presión, temperatura y humedad de la atmósfera. Así pues cuando se dispone de un valor aproximado de presión, la humedad puede obtenerse a partir de las temperaturas observadas de los bulbos húmedo y seco.



Figura 1.2: **Amperímetro:**

Amperímetro: Es un aparato o instrumento que permite medir la intensidad de la corriente eléctrica, presentando directamente sobre su escala calibrada las unidades

empleadas para ello denominadas amperios o bien fracciones de amperios, la medida deseada.

Su utilización es muy amplia, ya que con independencia de su propia aplicación directa de medida, también se emplea como base para la construcción de otros instrumentos, como voltímetros, óhmetros, etc. Su funcionamiento está basado en uno de los principios fundamentales del electromagnetismo que en su forma más simple nos indica que cualquier corriente eléctrica pasa por un hilo conductor produce un campo magnético alrededor del mismo (similar al campo magnético de un imán), cuya fuerza depende de la intensidad de la corriente que circule.

2.3- Procedimiento de cálculo para la estimación de la carga térmica

Entre los aspectos primarios a tener en cuenta al evaluar un local para la climatización es la carga impuesta en el equipo mientras mantiene las condiciones interiores de diseño y cuando las condiciones exteriores de temperatura y humedad están dentro de lo especificado (carga de diseño) y las condiciones de diseño (interiores y exteriores).

Los sistemas de aire acondicionado, deben contrarrestar las fuerzas del tiempo cuando la temperatura al aire exterior o humedad se mueven en un rango aceptable en favor de la seguridad y el confort, un entendimiento claro del comportamiento del tiempo es útil para diseñadores y operadores de estos sistemas. Limitaciones en esa comprensión son a menudo la raíz de los problemas existentes en la calidad del aire interior y deterioro prematuro de la edificación y del equipo.

2.3-1. Ganancia de calor por radiación solar a través de vidrios

Para determinar las ganancias por insolaciones a través del vidrio es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- a) La niebla contaminación atmosférica.
- b) El tipo de marco de ventana.

- c) La altura sobre el nivel del mar.
- d) La variación del punto de rocío.
- e) El hemisferio terrestre.

$$Q_{RS} = I_T \cdot A \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5 \quad (2.1)$$

Donde:

- Q_{RS} : Ganancia térmica sensible (W).
- I_T : Valor de la intensidad de la radiación solar total (W/m^2).
- A : Área soleada de la ventana (m^2).
- $f_{\#}$: Factores de corrección.

2.3-2. Ganancia de calor a través de componentes estructurales

La ley de Fourier de la conducción de calor establece que la rapidez de flujo por conducción en un sentido dado es proporcional al gradiente de temperatura en ese sentido y al área normal a la dirección del flujo de calor.

$$Q_a = k \cdot A \cdot (t_e - t_i) \quad (2.2)$$

Donde:

- Q_a : Flujo de calor (kW).
- k : Coeficiente global de transferencia de calor ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$).
- A : Área (m^2).
- t_e : Temperatura del aire exterior ($^\circ C$).
- t_i : Temperatura del aire en el interior del local ($^\circ C$).

Para el cálculo son utilizadas las tablas que contienen los *Factores de transmisión de calor (valores K)* para vidrios, paredes, techos y pisos comúnmente utilizados en la construcción (Polaino et al., 1987).

El valor del coeficiente global de transferencia de calor (K) se calcula por la ecuación:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_E} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_L}} \quad (2.3)$$

Donde:

- α_E : Coeficiente de película del aire exterior ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$).
- α_L : Coeficiente de película del aire interior ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$).
- δ_i : Espesor de la estructura (m).
- λ_i : Conductividad térmica del material de la estructura ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$).

Diferencias equivalentes de temperaturas

No es fácil determinar las ganancias de calor a través de una estructura soleada. Un método a emplear es el de valerse de la diferencia de temperatura (Δt_e en $^\circ\text{C}$), su valor es tal que evalúa el flujo de calor total por efecto de la radiación solar y la diferencia entre temperaturas del aire exterior e interior, al ser sustituido en la expresión 2.2.

$$Q_a = k \cdot A \cdot \Delta t_e \quad (2.4)$$

El valor de Δt_e depende de:

- La diferencia de temperatura del aire exterior e interior.
- Hora solar.
- Latitud.
- Orientación de la pared.
- Tipo de construcción de la estructura.

Como estos datos están calculados para condiciones específicas, es necesario hacer las correcciones indicadas (Polaino et al., 1987; tablas 3.9-3.12) mediante el uso de la expresión 2.5.

$$\Delta t_e = a + \Delta t_{es} + b \cdot \frac{R_s}{R_m} \cdot (t_{em} - \Delta t_{es}) \quad (2.5)$$

Donde:

- Δt_e : Diferencia equivalente corregida.
- a: Corrección tomada de la tabla 3.11. Relación entre la temperatura exterior a las 15 horas para el mes considerado, menos la temperatura interior ($t_E - t_L$), y variación de la temperatura seca exterior en 24 horas.
- Δt_{es} : Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada para estructuras en la sombra.
- Δt_{em} : Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada para las estructuras soleadas
- b: Coeficiente que toma en cuenta el color de la cara exterior de la pared.
- R_s : Máxima insolación para el mes y latitud supuesta a través de la superficie acristalada.
- R_M : Máxima insolación para el mes de Julio 40° latitud norte a través de la superficie acristalada de igual orientación a la estructura considerada.
- R_s/R_M : Tabla 3.12 (Polaino et al., 1987)

2.3-3. Concentración de personas como base de diseño

Las personas que ocupan el espacio que debe ser acondicionado contribuyen con cantidades importantes de calor sensible y calor latente, que aumenta la carga total de enfriamiento de dicho espacio. El cálculo debe basarse en el número promedio de personas dentro del espacio durante el período de la máxima carga de enfriamiento de diseño. La cantidad de calor debida a las personas, debe estar de acuerdo a la

actividad desarrollada por éstas (Manual de aire acondicionado, 1972). Se determina a través de las ecuaciones 2.6 y 2.7

Ganancia por ocupantes

$$Q_{S.OCP.} = n \cdot I_{CS} \quad (2.6)$$

$$Q_{L.OCP.} = n \cdot I_{CL} \quad (2.7)$$

Donde:

- $Q_{S.OCP.}$ y $Q_{L.OCP.}$: Ganancias térmicas sensible y latente (kW).
- n : Número de ocupantes.
- I_{CS} : Índice de carga sensible (W/h ocup.).
- I_{CL} : Índice de carga latente (W/h ocup.).

2.3-4. Ganancias de calor originadas por equipos instalados en el interior de los locales

Entre las fuentes de calor dentro del espacio que será acondicionado están las luces, las máquinas de oficina, equipos de computación, los electrodomésticos y los motores eléctricos.

Cuando los equipos que producen calor están cubiertos por una campana de extracción, debe calcularse la carga adicional debida al aire fresco que se debe introducir para compensar el aire extraído por la campana. Esto se calcula en la secuencia de ganancias de calor por infiltración y ventilación.

Las lámparas incandescentes transforman en luz un 10% de la energía absorbida, mientras el resto la transforman en calor que se disipa por radiación, convección y conducción. Un 80% de la potencia absorbida se disipa por radiación y solo el 10% restante por conducción y convección (Manual de aire acondicionado, 1972).

Los tubos fluorescentes transforman un 25% de la energía absorbida en luz, mientras que otro 25% se disipa por radiación hacia las paredes que rodean el local y el resto por conducción y convección. Debe tenerse en cuenta, además, el calor emitido por la reactancia o resistencia limitadora, representa un 25% de la energía absorbida por la lámpara (ecuación 2.8).

Ganancia por iluminación

$$Q_{S.ILUM.} = 1,25 \cdot N_{ILUM.} \quad (2.8)$$

Donde:

- $N_{ILUM.}$: Potencia de iluminación instalada (W).

Ganancia por motores eléctricos

En general los motores eléctricos aportan ganancia sensible que se calcula por la expresión 2.9:

$$Q_{SE} = N_m \quad (2.9)$$

Donde:

- Q_{SE} : Carga térmica sensible de equipos (kW).
- N_m : Potencia de los equipos (kW).

En los locales estudiados esta ganancia se desprecia porque solo existen los motores de los ventiladores presentes en las computadoras y estos son de bajo consumo de potencia.

2.3-5. Ganancia de calor por infiltración y ventilación

El aire del exterior que fluye a través de una edificación, ya sea como aire de ventilación, o no intencionalmente como infiltración es importante por dos razones. El

aire del exterior es utilizado muchas veces para diluir contaminantes en el aire del interior y la energía asociada con calentamiento o enfriamiento del mismo es una significativa carga de relación espacio - acondicionamiento. La magnitud de estos valores de flujo de aire debe ser conocida a máxima carga para calcular adecuadamente el tamaño del equipo y en condiciones promedio, estimar adecuadamente el consumo de energía promedio.

Deben conocerse también los valores de intercambio de aire para asegurar un adecuado control de los niveles de contaminantes en el interior. En grandes edificaciones deben ser determinados el efecto de infiltración y ventilación en distribución y los patrones de flujo de aire ínterzonal, los cuales incluyen patrones de circulación de humo en caso de incendio.

El intercambio de aire entre el interior y las afueras está dividido en: ventilación (intencional e idealmente controlada) e infiltración (no intencional y descontrolada).

Ganancia por infiltraciones

$$Q_{S.INF} = 1,2 \cdot V_{INF} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (t_e - t_i) \quad (2.10)$$

$$Q_{L.INF} = 1,2 \cdot V_{INF} \cdot \rho \cdot h \cdot (w_e - w_i) \quad (2.11)$$

Donde:

- $Q_{S.INF}$ y $Q_{L.INF}$: Ganancia térmica sensible y latente respectivamente (kW).
- V_{INF} : Volumen de aire infiltrado (m^3/s)
- w_e : Humedad específica exterior (kga/kgas)
- w_i : Humedad específica interior (kga/kgas)

2.3-6. Ventilación y cargas térmicas

El aire exterior introducido en una edificación forma parte de la carga de acondicionamiento del espacio, la cual es una razón para limitar la cuota de

intercambio de aire en las edificaciones a un mínimo requerido. El intercambio de aire típicamente representa de 20 – 40 % de la carga térmica de la edificación (De Andrés et al., 1992).

El intercambio de aire incrementa la carga térmica de una edificación de 3 maneras:

Primero, el aire entrante debe ser enfriado desde la temperatura del aire exterior a la temperatura del aire interior. La tasa de consumo de energía está dada por:

Ventilación exterior

$$Q_{s,v} = 1,2 \cdot V_v \cdot \rho \cdot c_p \cdot (t_e - t_i) \quad (2.12)$$

Donde:

- $Q_{s,v}$: Ganancia sensible por ventilación (kW).
- V_v : Volumen de ventilación (m^3/s).
- t_e : Temperatura del aire exterior ($^{\circ}C$).
- t_i : Temperatura del aire en el interior del local ($^{\circ}C$).

Segundo, el intercambio de aire incrementa el contenido de humedad, particularmente en verano y en algunas áreas cuando el aire húmedo del exterior debe ser deshumidificado. El consumo de energía asociada con estas cargas está dado por:

$$Q_{L,v} = 2790 \cdot V_v \cdot \rho \cdot (w_e - w_i) \quad (2.13)$$

Donde:

- $Q_{L,v}$: Ganancia latente por ventilación (kW).
- V_v : Volumen de ventilación (m^3/s).
- w_e : Humedad específica exterior (kga/kgas).
- w_i : Humedad específica interior (kga/kgas).

Finalmente el intercambio de aire puede incrementar la carga en una edificación, disminuyendo el rendimiento del sistema de aislamiento. El aire fluyendo alrededor y a través del aislamiento puede incrementar la tasa de transferencia sobre las tasas de diseño. El efecto de dicho flujo de aire en el rendimiento del sistema de aislamiento es difícil de cuantificar, pero debe ser considerado. El flujo de aire en el sistema de aislamiento puede disminuir también el rendimiento del sistema debido a la humedad condensada dentro y sobre el aislamiento.

2.4- Ciclo básico de aire acondicionado

El caudal de aire tratado en el climatizador y los parámetros bajo los cuales es necesario suministrarlos a un local para su acondicionamiento, dependen de las características de la carga térmica del mismo, así como también de las condiciones de diseño interior y exterior, caudal de ventilación y otros factores.

Una vez estimada la carga térmica del local, según lo establecido en el epígrafe anterior, el paso siguiente es determinar el ciclo de evolución del aire tratado en los equipos suministrados al local, con el objetivo de determinar los parámetros de trabajo de la instalación y seleccionar los equipos componentes de la misma.

2.4-1. Cálculo del Factor de Calor Sensible del Local (FCSL)

Es la razón entre las cargas térmicas sensibles y totales del local. La pendiente de esta recta depende de la relación entre las cargas sensibles y latentes del local; las condiciones de suministro del local pueden estar sobre cualquier punto de ella al que corresponde un determinado caudal de suministro (V_{SL}).

$$FCSL = \frac{Q_{SL}}{Q_{SL} + Q_{LL}} \quad (2.14)$$

2.4-2. Factor de Calor Sensible Total (FCST)

$$FCST = \frac{Q_{SB}}{Q_{TB}} \quad (2.15)$$

Donde:

- Q_{SB} : Carga sensible sobre la batería de enfriamiento (kW).
- Q_{TB} : Carga total sobre la batería de enfriamiento (kW).

Es la relación entre el $\sum Q_{SB}$ y la carga térmica total de la instalación, incluyendo todas las cargas sensibles y latentes que procedan del aire exterior. Conocidas las condiciones de la mezcla (M) puede ser trazada la recta FCST.

Es evidente que las condiciones de salida del aire de la batería se encontrarán sobre esta recta. Dependiendo del Factor de Desvío (FD) del equipo y su Aparato de Punto de Rocío (APR) y que corresponden a las condiciones de suministro del local (S_L) siempre que se desprecien las ganancias adicionales en los conductos y ventiladores.

Se puede afirmar entonces que las condiciones de suministro del local (S_L) se encuentran donde se corten las rectas de FCST y FCST.

2.4-3. Factor de Calor Sensible Efectivo (FCSE)

Se considera como la carga sensible efectiva del local, a la carga sensible del local más la carga sensible del aire exterior (que durante el proceso de enfriamiento pasa por esta sin sufrir cambio alguno) determinada por el factor de desvío de la batería.

$$FCSE = \frac{\text{Carga Sensible Efectiva del Local}}{\text{Calor Total Efectivo del Local}} \quad (2.16)$$

2.4-4. Determinación del APR

La carga total efectiva incluye además las cargas latentes del aire de ventilación desviado.

El hacer esta suposición permite determinar un APR mediante la intersección del FCSE trazado, a partir de las condiciones de diseño interior del local con la curva de

saturación. El FCSE no corresponde a ningún proceso real del aire, es solo un método para determinar de forma más sencilla el ciclo.

FCSL > FCSE > FCST. La diferencia entre estos tres factores depende del caudal de ventilación y para el caso en que éste sea cero, éstos serán iguales, es decir coincidirán sobre una misma recta.

2.4-5. Caudal de suministro al local

El cálculo de éste no es tan simple ya que es necesario trazar el FCST a partir de las condiciones de la mezcla M, los que a su vez solo podrán evaluarse si se conoce el caudal de suministro de aire al local el cual depende de las condiciones de suministro sobre el FCSL.

En tal caso esto puede resolverse mediante un método de tanteo que consta de 7 pasos y es muy engorroso el cual puede ser simplificado mediante ciertas suposiciones basadas en los conceptos de FD y APR.

$$V_{SL} = \frac{Q_{SL} + Q_{SV}}{1,2 \cdot (t_L - t_{APR}) \cdot (-FD)} \quad (2.17)$$

La temperatura a bulbo seco de la mezcla t_M puede calcularse con suficiente aproximación a partir de conocer los valores del volumen por unidad de tiempo, la ecuación 2.18 puede emplearse en los cálculos, ya que en la mayoría de los procesos relacionados con la climatización para el confort las diferencias de densidades del aire son pequeñas.

$$t_M = \frac{t_E \cdot V_V + t_L \cdot V_R}{V_{SL}} \quad (2.18)$$

Donde:

- V_R : Caudal de retorno (m^3/s).
- t_E : Temperatura exterior ($^{\circ}C$).

- t_L : Temperatura del local ($^{\circ}\text{C}$).
- V_B : Caudal de aire tratado en la batería (m^3/s), si no hay fugas:

$$V_B = V_R$$

Conocidas t_M y APR , se determinará t_{SB} a partir de la ecuación 2.19.

$$t_{SL} = t_{SB} = t_{APR} + FD \cdot (t_M - t_{APR}) \quad (2.19)$$

También puede determinarse gráficamente mediante la intersección del FCSB (a partir de M) y el FCSL, sobre el esquema psicrométrico. Como en este caso se desprecian las ganancias en la impulsión: $t_{SL} = t_{SB}$

2.4-6. Finalmente se calcula la carga total sobre la batería de enfriamiento

La ganancia total sobre la batería de enfriamiento va a ser la suma de todas las cargas, es decir, la suma de la carga sensible y latente del local, la carga sensible y latente por ventilación y las ganancias sensibles y latentes adicionales. Esta se calcula a través de la expresión 2.20.

$$Q_{TB} = Q_{SL} + Q_{LL} + Q_{SV} + Q_{LV} + Q_{S_{GA}} + Q_{L_{GA}} \quad (2.20)$$

Donde:

- $Q_{S_{GA}}$ y $Q_{L_{GA}}$: Ganancias sensibles y latentes adicionales (kW).

En estos análisis son despreciadas las fugas y ganancias en los conductos de suministro y retorno del local.

Conclusiones del Capítulo 2

- En la investigación se tomaron datos cuyos valores fueron seleccionados con el uso de instrumentos de medición adecuados, por cuanto las estimaciones

medidas de los parámetros en todos los casos estuvieron en el rango de comprobación especificado en las características técnicas de los respectivos instrumentos.

- Quedó establecido el procedimiento de cálculo para la estimación de la carga térmica en los locales. El mismo conjuga los aspectos teóricos metodológicos y las expresiones matemáticas propuestas en investigaciones anteriores.

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS, VALORACIÓN ECONÓMICA E IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

3.1- Introducción

Establecido los fundamentos básicos y los procedimientos necesarios para realizar el diagnóstico energético y la estimación de la carga térmica en la instalación estudiada, se procedió al análisis de los resultados obtenidos en el trabajo, con el objetivo de determinar el comportamiento de los portadores energéticos, comparando el resultado del cálculo de las cargas térmicas instaladas y calculada para luego contribuir positivamente en la toma de decisiones por parte de los administrativos respecto a la utilización de los equipos instalados, por tales razones el objetivo del presente capítulo es:

Realizar el análisis de los resultados obtenidos en el diagnóstico energético y la carga térmica de climatización en la Empresa Empleadora del Níquel.

3.2- Resultados del diagnóstico de energía realizado en la Empresa Empleadora del Níquel

En la realización del diagnóstico fue necesario identificar los principales portadores energéticos de la instalación y dentro de ellos cuál representa el mayor consumo. Para ello fue imprescindible auxiliarse de la documentación existente en el centro que consta de una base de datos donde se registran la relación de los consumos por portadores energéticos por meses, trimestres y del año, siendo esto un punto de partida para el estudio que se lleva a cabo.

Con la información recopilada en la empresa se confeccionó el gráfico de Pareto representada en las figuras 3.1 y 3.2, en la cual se puede observar el comportamiento de los portadores energéticos durante el año 2011 y principio 2012.

Para la realización de este gráfico se tomaron los promedios anual en el año, convirtiéndolos a una medida común, a toneladas de combustible convencional (tcc), para todos los portadores energéticos que faciliten sus análisis.

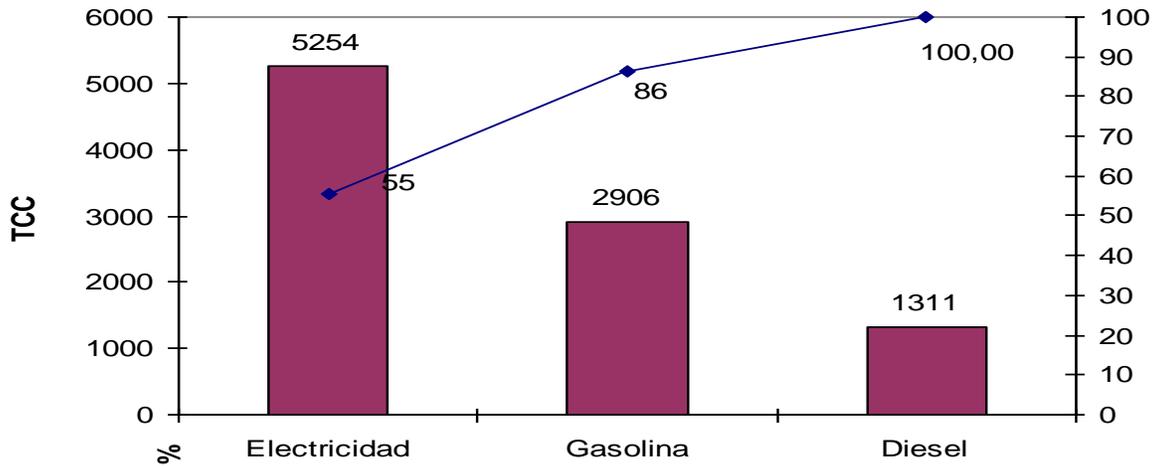


Figura. 3.1. Comportamiento de los portadores energéticos en el año 2011.

En la **figura 3.1.**, se evidencia que la electricidad ocupa el primer lugar en orden de importancia representando el 55 % del consumo, seguido por la gasolina en un 31 % y el Diesel en un 14 %.

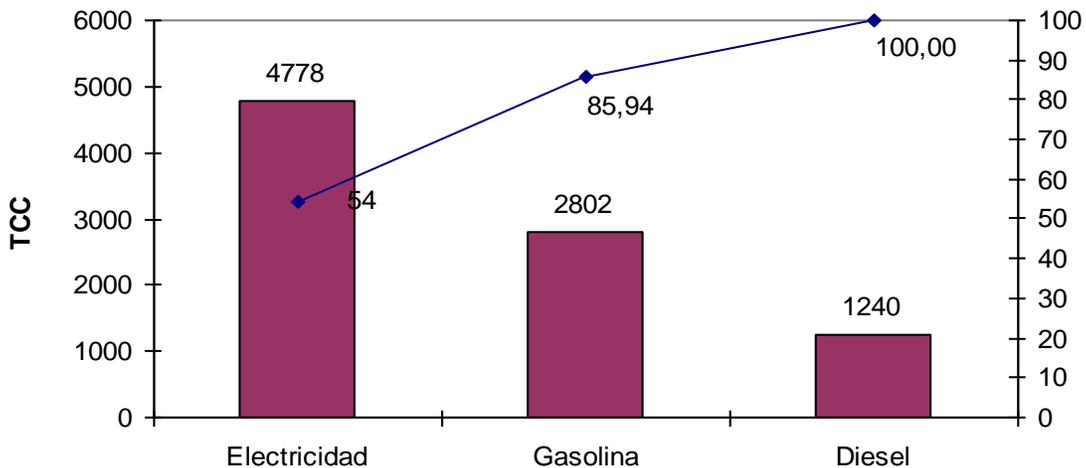


Figura. 3.2. Comportamiento de los portadores energéticos en el primer trimestre del 2012.

Por otra parte en la figura 3.2 se observa que durante lo que va de este año (2012) la electricidad continuó siendo el portador energético con mayor orden de importancia ahora con una representatividad del 54 %, seguido por la gasolina en un 32 % y el Diesel en un 14 % de toda la energía consumida en la Empresa. Se puede ver además la similitud del comportamiento de los portadores energéticos en el año 2011 y el primer trimestre del año 2012.

También en la figura 3.3 se puede observar el consumo de los portadores energéticos analizados por meses en el año 2011 evidenciándose nuevamente que el portador energético de mayor influencia es la electricidad donde su consumo está entre los 4000 a 6000 TCC.

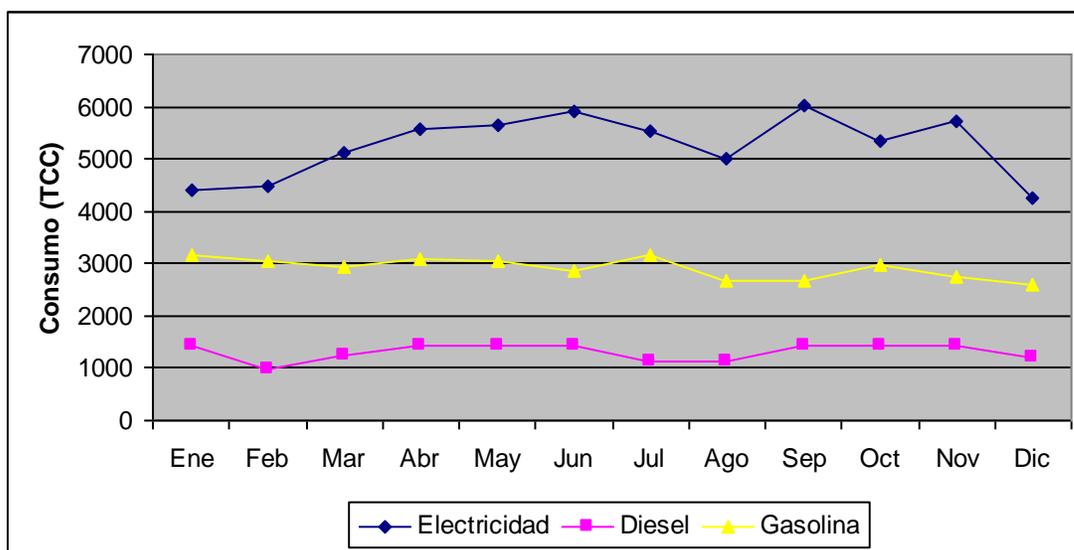


Figura 3.3 Índice de consumo de los portadores energéticos en el año 2011

Con lo antes expuesto queda demostrado que la electricidad es el portador de mayor incidencia en los costos por lo que toda las acciones deben ser encaminadas a la reducción de su consumo e incrementar las utilidades de cada instalación o local que dispone la Empresa.

Partiendo del análisis anterior se procedió al estudio del comportamiento de la electricidad en la Empresa Empleadora del Níquel Según la figura 3.4 donde se

muestra la distribución en por ciento de las áreas que inciden en la energía eléctrica, apreciándose que la de mayor influencia es por equipos de computación en un 56 % y la climatización representando el 31 % del total, los demás se comportan de manera similar.

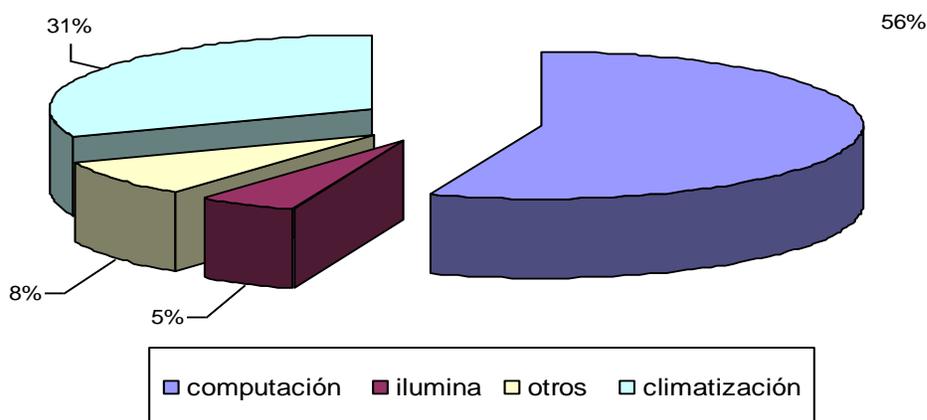


Figura. 3.4. Estructura de las cargas instaladas.

Es importante destacar que para realizar este gráfico se tuvo que tomar el consumo de cada equipo en uso de la Empresa o que por lo menos se utilice en algunas ocasiones, por esta razón, aunque los equipos de computación es el de mayor porcentaje de consumo de electricidad por área, en este trabajo se inclinó hacia el estudio de la climatización, ya que la mayoría de los equipos de computación como impresoras, escáner, video bean , entre otros no son usados con frecuencia, lo que disminuye considerablemente el consumo de energía eléctrica por concepto de equipos de computación, a diferencia de los equipos de climatización que se utilizan mayormente en los locales.

3.3- Cálculo de la carga térmica

Con los epígrafes anteriores se demuestra la necesidad de evaluar el comportamiento de la climatización en la Empresa Empleadora del Níquel, para ello se debe determinar la carga térmica de los locales del edificio administrativo.

Para la estimación de la carga térmica de un local es necesario tener en cuenta algunos criterios los cuales se expusieron en el capítulo 2. Para la situación estudiada de los locales de la Empresa se tuvo en cuenta:

- La ubicación geográfica, siendo la misma NE, SO y SE, NO;
- Las condiciones de diseño interior y exterior, según se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Condiciones de diseño interior y exterior.

Condiciones de diseño:	Interior	Exterior
Temperatura de bulbo seco; Tbs (°C)	24	32,2
Temperatura de bulbo húmedo; Tbh (°C)	18	27
Humedad relativa; ω (%)	65	75
Humedad específica; W (kgva/kgas)	0.012	0.022

En estudio realizado según Polaino (1987) las condiciones son los promedios de la localidad de Mayarí, municipio de la provincia Holguín.

Además se tuvo en consideración que el trabajo que se realiza en todos los locales es el mismo, un trabajo ligero, sentado, parado o combinado con marcha, pero sin ninguna tensión física sistemática, con mucho gasto energético.

3.2-1. Radiación Solar a través de cristales

Para el cálculo de la carga térmica es importante determinar todas las ganancias de calor, exterior e interior, en los locales, una de las mayores ganancias que puede influir en cualquier local estudiado es la carga térmica por radiación solar a través de superficies acristaladas. Para determinar esta carga se debe determinar el mes, el día y la hora de mayor incidencia de la radiación solar.

Dado que el edificio de la Empresa Empleadora del Níquel (ver el anexo 1) tiene ventanas de cristales por ambos lado NE y SW, se tomó según tabla 3.2 de Polaino (1987) la mayor intensidad de la radiación solar es de 485 W/m² para el 21 de junio a

las 7 horas y 525.7 para el 22 de diciembre a las 15 horas. Además se tiene en cuenta 5 factores de corrección que depende de tipo de marco de ventana, contaminación atmosférica y otros los cuales se muestran en la tabla 3.2 con su valor.

Tabla 3.2. Factores de corrección

Niebla o contaminación atmosférica. Zona Industrial	$F_1=0.9$
Tipo de marco de ventana. Marco de Metal	$F_2=1$
Altura sobre el nivel del mar	$F_3=1$
Variación del punto de rocío. Para Temperatura $T_{pr}=24.8^{\circ}\text{C}$	$F_4=0.93$
Hemisferio terrestre. El noreste:	$F_5=1$

3.2-2. Transmisión de calor por estructuras

Otra de las ganancias de mayor influencia para la climatización de un local es la de transmisión del calor a través de estructuras, paredes, piso y techo, siempre que exista una diferencia de temperaturas entre dos puntos de un mismo cuerpo, en ocasiones, en la cual el local que se analiza se delimita por otro local que al igual que él está climatizado se considera que el mismo posee la misma temperatura que él, por lo que no debe de existir ningún intercambio de calor de un local a otro.

Para la conducción y radiación a través de paredes y techos, soleados y a la sombra se toman los valores del coeficiente de transmisión del calor según su composición los cuales se muestran en la tabla 3.3

Tabla 3.3. Coeficiente de transmisión de calor para paredes ($\text{W}/\text{m}^2\text{C}$).

Tipo de Construcción	Espesor (m)	Peso (kg/m^2)	K ($\text{W}/\text{m}^2\text{C}$)
Hormigón armado	0.20	122	0.52

Las cuatro paredes son del mismo material por lo que se asume el mismo coeficiente de transferencia de calor.

Para el caso de techos y techumbres (falso techo) se toman los valores que aparecen en la tabla 3.6.

Tabla 3.4. Coeficientes de transmisión de calor global (K). Cubiertas planas de Grosfillex ($W/m^2\text{ }^\circ\text{C}$).

Techumbre	Coeficientes de transmisión de calor global ($W/m^2\text{ }^\circ\text{C}$)
Falsotecho	0,73

Para el caso de la corrección a la diferencia equivalente de temperatura se determina en la tabla 3.5 tomando una temperatura exterior de $32.5\text{ }^\circ\text{C}$ e interior de $24\text{ }^\circ\text{C}$ y la variación de la temperatura seca exterior en 24 h.

Tabla 3.5. Corrección a la diferencia equivalente de temperatura ($^\circ\text{C}$).

Temperatura exterior a las 15 h para el mes considerado, menos la temperatura interior ($t_E - t_L$)	Variación de la temperatura seca exterior en 24 h				
	6	8	10	12	14
+ 8	2.3	1.2	0.3	-0.7	-1.6

Otro elemento que se debe tener en cuenta para calcular el diferencial de temperatura equivalente es el factor que relaciona la máxima insolación para el mes de cálculo y la orientación de la pared, ver tabla 3.6.

Tabla 3.6. Factor R_s/R_M Para 20° de latitud Norte.

Mes	Orientación		
	NE	SE	SO
Diciembre	1.78	1.13	1.13

Para el techo no se determina la diferencia de temperatura equivalente ya que el local tiene falso techo (Grosfillex) y por lo tanto no recibe radiación solar. El material de la pared es hormigón vertido con una densidad de 500 kg/m^3 y un espesor de 0.20 m . El peso de la misma es 73 kg/m^2 . El coeficiente global de transferencia de calor es de $0.73\text{ (}W/m^2\text{ }^\circ\text{C)}$.

3.2-3. Infiltraciones

Las ganancias de calor por infiltración en un local acondicionado ocurren cuando el aire exterior entra al local por la diferencia de presión en el local a través de las rendijas o ranuras de las ventanas.

En los locales de la empresa las puertas están en buen estado con protección para evitar las infiltraciones y están selladas por lo que las infiltraciones son mínimas lo que se consideró que las ganancias de calor por infiltración es $Q_{infil} = 0 \text{ W}$

3.2-4. Ventilación exterior

En un local climatizado es necesario renovar un cierto volumen de aire del exterior para mantener en el local un aire saludable, disminuir el contenido de CO_2 y eliminar los olores generados por los ocupantes, así como para controlar la composición del aire cuando por algún determinado proceso se libere algún gas, polvo, etc.

Según Polaina (1987) el caudal de aire en un local se puede determinar por varios métodos, en función del número de personas o por el área de piso, en la tabla 3.7 se muestran los valores recomendados para determinar el caudal de ventilación (V_V), para los locales analizados.

Tabla 3.7. Caudal de aire exterior para la ventilación en locales climatizados

Aplicación	$\text{m}^3/(\text{s por persona})$	$\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m}^2 \text{ de piso})$
Apartamento	$9,5 \times 10^{-3}$	-

3.2-5. Ocupantes

Los ocupantes constituyen otro de los elementos que aportan ganancias de calor tanto sensible como latente. En número de personas en los locales varía en función del local y la utilidad que se le da. La cantidad de calor generado por personas está en dependencia de las funciones que realizan, su metabolismo, dado que en todos los locales realizan funciones similares, con poca actividad física se tomó de la tabla

3.16 de la bibliografía especializada Polaino (1987).un índice de carga sensible (Ics) igual a 51.04W/ocup y un índice de carga latente (Icl) igual a 51.04 W/h ocup .

3.2-6. Ganancia por equipos e iluminación

La potencia y la cantidad de equipos eléctricos y de luminarias instaladas aportan cargas sensibles solamente, la cantidad de calor depende de la potencia de iluminación instalada y el tiempo de iluminación existente, éstas se pueden apreciar en la tabla del anexo 2

3.4- Análisis de los resultados de la carga térmica

Una vez identificados y seleccionados aquellos elementos necesarios para la estimación de la cantidad de calor necesaria a extraer, se procedió según la metodología de cálculo (Polaina, 1987) a la determinación de las cargas térmicas en los locales de la Empresa Empleadora del Níquel. Los cálculos se determinaron en Software profesional Mathcad 13 (ver anexo 3) y los gráficos para la comparación de los resultados se realizaron en la herramienta del Microsoft Office Excel.

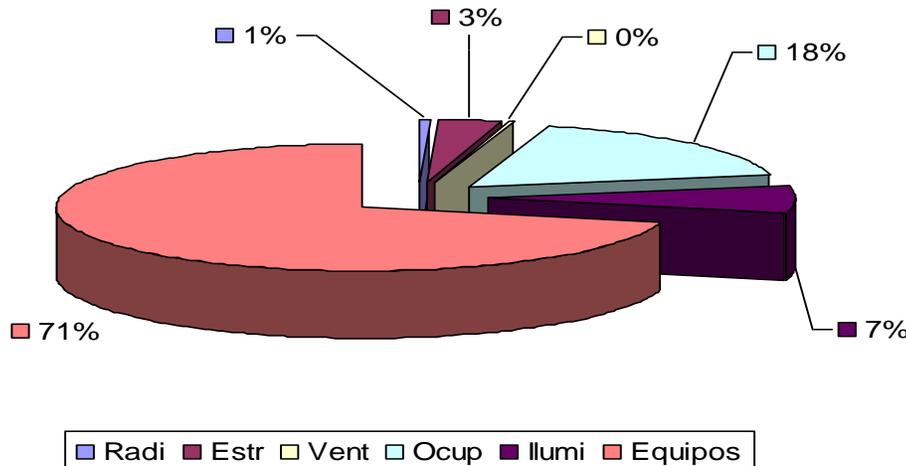


Figura 3.4.Comportamiento de las ganancias de calor en la Empresa Empleadora del Níquel

Según el cálculo de la carga térmica de los locales se realizó el gráfico en forma de pastel (ver figura 3.4) en la cual se muestra el comportamiento de las ganancias de calor total de la Empresa Empleadora del Níquel, donde se puede apreciar que la mayor ganancia de calor es la de equipo con un 71 % del total de todas las ganancias de calor, esto se debe a que durante el cálculo de la carga térmica se tuvo en cuenta todos los equipos instalados en cada local aunque algunos no son usados periódicamente. Otra de las ganancias de mayor representatividad es las ganancias por ocupantes esto se atribuye que muchos de los locales su función principal es la docencia por lo que su capacidad es para un número de 20 a 30 personas por lo que hace que las ganancias de calor por personas tenga el 18 % de todas las cargas térmicas.

Se comprobó a través de la estimación de la carga térmica que los equipos instalados en mayoría de los casos que tienen una capacidad de enfriamiento menor que la obtenida según los cálculos. Se debe a que cuando se instalaron no tuvieron en cuenta todas las ganancias de calor que influyen en los locales además es por esto la causa de que los ocupantes manifiestan de que los equipos de acondicionamientos de aire no garantizan la condición de confort en el local, en la tabla del anexo 3 se comparan los resultados de la carga térmica con la instalada por cada uno de los locales analizados, corroborando lo anterior expuesto.

3.5- Selección de los equipos

Según lo planteado en el epígrafe anterior, la carga de climatización instalada en algunos locales es menor que la carga térmica estimada en los cálculos, se considera que se deben sustituir los equipos de climatización instalados por los que reúnen las características requeridas, ver Anexo 4, así se garantizaría la condición de confort en dichos locales

En la tabla 3.8 se hace una propuesta de los equipos a instalar en los locales según la carga térmica instalada y los consumos de energía eléctrica.

Tabla 3.8 .Acondicionadores de aire propuestos.

Acondicionador de aire	Capacidad		Modelo	Número	CUC	kWh
	(kW)	(TR)				
Aire de ventana	5,22	1,5	MWF-18CM	4	426.57	1.74
Aire de ventana	3.48	1	MWF-12CM	5	406.92	1.74

3.6- Valoración económica

Según los resultados de los cálculos de la carga térmica se determinó que los equipos acondicionadores de aire instalados en algunos locales alcanzan valores próximos al instalado (Ver Anexo) y en otros casos como el local de Diseño, Especialista en defensa, local de facturación, entre otros, la carga térmica calculada es mayor que la instalada por lo que es necesaria la sustitución de equipos que satisfagan la necesidades de confort en dichos locales, para ello se necesitarían cuatro equipos de acondicionador de aire de 1.5 TR del modelo MWF-18CM con un precio de 426.57 CUC y cinco equipos de acondicionamiento de aire de 1 TR del modelo MWF-12CM con un precio de 406.92 CUC. El costo total de la compra de estos equipos sería de 3740.88. **CUC.**

3.7- Estudio de la contaminación ambiental

Se considera que la climatización interfiere negativamente sobre el medio ambiente en dos sentidos:

- Como consumidora de electricidad o de combustible el CO₂ generado, que contribuye al aumento del efecto invernadero.
- Los refrigerantes artificiales, necesarios en el ciclo frigorífico base del sistema, contribuyen a la reducción de la capa de ozono, en presencia de vapor de agua y son gases con efecto invernadero de por sí.

En estos momentos la presión mayor sobre la climatización se debe a los refrigerantes artificiales porque tienen una triple acción sobre la naturaleza, dos directas y una indirecta.

- Ataque a la capa de ozono por los CFCs, y en menor medida por los HCFCs y nada por los HFCs.
- Contribución directa al aumento del efecto invernadero por los CFCs, HCFCs y HFC.
- Contribución indirecta, por el consumo eléctrico y su producción de CO₂, lo que da importancia al rendimiento que se consigue con los diversos refrigerantes. Hoy día se están considerando como sustitutos de los CFCs y HCFCs tres tipos de refrigerantes artificiales, que se diferencian por el número o ausencia de moléculas de cloro e hidrógeno que tiene su composición:
 - CFCs 2-3 moléculas de cloro y sin hidrógeno.
 - HCFCs 1-2 moléculas de cloro y una o más de hidrógeno.
 - HCFCs sin cloro y una o más de hidrógeno.

La acción sobre el ozono se debe a las moléculas de cloro. Cuando existe vapor de agua, la acción es catalítica, por lo cual sobre la Antártida donde es mayor la presencia de vapor de agua en la estratosfera, es donde se dan las menores concentraciones de ozono estratosférico.

En el caso de estudio, uno de los elementos que tiene mayor relación con el medioambiente, en específico con la destrucción de la Capa de Ozono son los refrigerantes (Freones), pero los equipos propuestos en el desarrollo de este trabajo usan refrigerantes ecológicos que no la dañan.

Por otra parte, el elemento más perjudicial está relacionado con el calentamiento de la tierra producto de la combustión de los combustibles fósiles (carbón, petróleo, etc.) para la generación de energía eléctrica, y es por ello que con la propuesta de sustituir los equipos instalados por otros menores consumidores se garantiza la

disminución de las emisiones de gases contaminantes de la atmósfera como el CO y el CO₂.

Conclusiones del capítulo 3

- En el diagnóstico energético de la Empresa Empleadora del Níquel se determinó que la energía eléctrica es el mayor de los portadores energéticos con un 54 % del total, por encima de la gasolina que representa el 31 % y el diesel con un 14 % del total.
- En el cálculo de la carga térmica se determinó que la mayor de las ganancias de calor es la de equipos que representa un 71 % del total.
- Se determinó que para algunos locales es necesario la sustitución de los equipos de acondicionamiento de aire con las características siguientes:
 - Capacidad Frigorífica de 1.5 y 1TR
 - Modelo MWF-18CM y MWF-12CM
 - Consumo 1.7 kW/h

Conclusiones

- En la revisión bibliográfica se consultaron un gran número de trabajos relacionados con el tema, evidenciándose la importancia y actualidad del tema estudiado.
- Se determinó en el diagnóstico energético de la Empresa Empleadora del Níquel que el portador energético de mayor incidencia es la energía eléctrica.
- Quedó demostrado que la climatización es uno de los mayores consumidores de energía eléctrica con un 31 % después de los equipos de computación con un 56 %.
- Los resultados del análisis de climatización con los cálculos de la carga térmica se determinó que en algunos locales es necesario sustituir los equipos instalados por otros de mayor capacidad frigorífica.
- Además en la valoración económica se determinó que se necesitan 3740.88. CUC para la compra de 4 aires acondicionados de 1.5 TR del modelo MWF-18CM y 5 aires acondicionados de 1 TR del modelo MWF-12CM.

RECOMENDACIONES

- Reducir las entradas de aire exterior mediante adecuada hermeticidad de las puertas y cortinas.
- Apagar las luces en los locales cuando los ocupantes realicen alguna actividad fuera de ella.
- Limpiar los filtros de aire regularmente..
- Tener en cuenta a la hora de realizar un cambio de local las cargas térmicas de los equipos y el número de personas que ocupan el local, que esté en dependencia de la capacidad instalada.
- Limpiar periódicamente los equipos de climatización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELLA. E. *Estimación de la carga térmica de climatización de las instalaciones de Villa Coral y Villa Vigía*. Trabajo de Diploma. ISMM, 2005.
- ARMAS VALDES. Juan C. Procedimiento para la optimización de sistemas de climatización centralizados por agua helada desde la etapa de diseño conceptual. Ph.D thesis. 2008. CEEMA. UCF. Cuba.
- ARMAS VALDES. Juan C. Procedimiento para la optimización del diseño conceptual de sistemas de climatización centralizada por agua helada. *Revista Energética* No. 39, pp. 5-18, Julio de 2008 – ISSN 0120-9833
- BETANZOS, MIGUEL. Proyecto de ahorro de energía Hotel Fiesta América Mérida. ATPAE. Pág 133-140
- BORROTO NORDELO, ANÍBAL. El Verdadero Costo de la Energía. *Revista Mundo Eléctrico Colombiano*. 1999
- BORROTO NORDELO, ANÍBAL y Percy Viego Felipe. *Gestión Energética Empresarial. Diplomado en Gestión Eficiente de la Energía*. Universidad Autónoma de Baja California, Tecate, B.C., México, 2001.
- BORROTO NORDELO, ANÍBAL. *Gestión Energética Empresarial*. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. Universidad de Cienfuegos, Cuba. ISBN 959-257-040-X. Editorial Universidad de Cienfuegos. 2002
- BORROTO, A. y colectivo de autores. *Gestión y Economía Energética*, Editorial Universidad de Cienfuegos, 2006.98 p
- CAMPOS AVELLA, JUAN. C. *Tecnología de administración Energética empresarial*. CEEMA. Pág. 10
- CAMPOS ABELLA, JUAN CARLOS; et.al., *La Eficiencia Energética en la Gestión Empresarial*. Editorial Universidad de Cienfuegos, Cuba, ISBN 959-257-018-3, 1997.
- CAMPOS ABELLA, JUAN CARLOS. *Herramientas para Establecer un Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía*. Diplomado en Gestión Energética, Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia, 2000.
- CAMPOS AVELLA, J.; R. Dorta. *La eficiencia energética en la gestión empresarial*. Colombia: Editorial Contactos Mundiales. CEEMA, 2001.91p.
- Catálogos: *Productos técnicos*, Distribuidora Cimex. S. A. 45p.

- DE ANDRÉS Y RODRÍGUEZ – Pamotto Juan A: Climatización II.2da edición, Madrid, España, 1992. 546p.
- DURÁN, Y. Cálculo verificativo de la carga térmica de Climatización del Centro Comercial Moa. Trabajo de Diploma. ISMM, 2004.
- FRANCISCO J. VAREDas y Francisco J. Vico “Computación Evolutiva Basada en un Modelo de codificación implícita”, Inteligencia Artificial, No. 5, Pág 20-25.
- FEODOROV, RODRIGUEZ López, Eduardo. Suministro eléctrico de empresas industriales. La Habana Pueblo y Educación, 1982.
- FERNÁNDEZ PÉREZ, Ramón David. Consumo de energía en el 2006. UCF. Informe al Consejo de Dirección del VRAS. Universidad de Cienfuegos. 02/ 20073.
- GARCÍA, P. Estudio de la Climatización en el Hospital Pediátrico de Moa. Trabajo de Diploma. ISMM, 1998.
- GONZÁLEZ GARCÍA, JUAN MANUEL. Sistema de gestión integrada de servicio energético. Gestión de Hoteles. Sep.-octubre-1999 Pág 7-14.
- GONZÁLEZ JORDAN, R.; Ahorro de energía en Cuba. La Habana: Editorial científico – técnica, 1986.
- HERNÁNDEZ, D. Proyecto técnico de la climatización de la Dirección de trabajo Social y Educacional en Moa. Trabajo de Diploma. ISMM.2005.
- KUNUSCH, C. Identificación de Sistemas Dinámicos. Universidad Nacional de la Plata. Cátedra de control y servomecanismos, 2003. 39p.
- LAMOTH, Y. Cálculo térmico verificativo de la instalación de climatización del edificio de la empresa de Ingeniería y Proyectos de la unión del Níquel. Trabajo de Diploma. ISMM, 2005.
- Manual de Aire Acondicionado: Estimación de carga térmica. Carrier Air Conditioning Company, 2da reimpresión, MARCOMBO, S.A. de Boisareu, Barcelona, España, 1972. P-244.
- MONTERO, R., Góngora, E. Algunos aspectos de la tecnología de la Gestión Total Eficiente de la Energía aplicados en hoteles de la provincia Holguín. 5to Taller Internacional de Energía y Medio Ambiente, Abril de 2008. ISBN: 978-959-257-186-0

- MURILLOS, JOAQUÍN; Tréjos, Álvaro; Carvajal, Patricia. Estudio del pronóstico de la demanda de energía eléctrica utilizando modelos de series de tiempo. Tomado de: www.utp.edu.co/php/revistas/ScientiaEtTechnica/docsFTP/14423837-42.pdf-2003.
- OLAYA, J. (2002), Suavización y regresión no paramétrica. Santiago de Cali, Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías, Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística. *<http://pino.univalle.edu.co/jolaya/Seminario/Suynopar2.pdf>
- PINTO, JOSÉ. Como será el mundo en el 2050. Soberanía.org [En línea]. Tomado de: <http://www.Soberanía.org/1Profesores/Loeneisen/Ecuador20050/mundo2050.15/09/05>
- POIRIER, D. L. (1979), 'Piecewise Regression using Cubic Splines', Journal of the American Statistical Association 68(343), 514–524.
- POIRIER, D. L., Hendricks, W. & Koenker, R. (1979), 'Residential Demand for Electricity: An Econometric Approach', Journal of Econometrics 9, 33–57. R Development Core
- POLAINO DE LOS SANTOS. LAZARA: Instalaciones de climatización, Roberto Fuente. Ciudad de la Habana, ISPJAE, 1987.
- POTER, K. "Handling Huge Arrays" Dr. Dobb's Journal of software Tools for the Professional Programmer, Vol. 13, No.3, 1988, Pág. 60-83.
- REDONDO QUINTERO, F; García Arevalo, J. M; N. REDONDO MELCHOR.; Desequilibrio y pérdidas en instalaciones eléctricas. [En línea] [2003-01-09].
- RIBEIRO FILHO, J.L, Treleaven, ph.c and Alippi. "Genetic-Algorithm Programming environments" IEEE Computer, june 1994, pag. 28-43
- ROJAS, D. Estudio de la Climatización del Hotel Miraflores, 2001. Departamento de Mecánica.
- RUIZ, A. Cálculo térmico verificativo de la instalación de Climatización del Hospital Guillermo Luis Hernández Fernández Vaquero. Trabajo de Diploma, 2004.
- SORIANO HIJUELOS, A. Cálculo de la carga térmica del local de los servidores de la Empresa Comandante Pedro Sotto Alba. Introducción a los conductos PERSYSTEM. 2002. Departamento de Mecánica.
- Team (2006), R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. ISBN 3-900051-070. <http://www.r-project.org.http>

- TORRES, E. Estudio de la climatización del centro de proyectos de la Unión del Níquel, 1999. Departamento de Mecánica.
- VALENCIA, A. L. (2005), Diagnóstico del modelo de pronóstico de demanda de potencia y energía eléctrica de EPSA, Tesis de pregrado, Ingeniería Eléctrica, Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías. Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
- VALDESPINO, L. Estudio de la climatización de los locales del Sistema de la Vivienda en Moa. Trabajo de Diploma. ISMM, 2004.
- CUBA, M. Estudio de la Climatización del Hotel Miraflores. Trabajo de Diploma, ISMM, 2004.
- VÁZQUEZ. L; Brossard. F. Fundamento de la Ventilación Industrial: Lic. Aurora Beatón Regalado, Editorial EMPES. La Habana, 1986. 168p.
- VILLA REAL, DANIEL. Modelos para la predicción de la demanda de energía eléctrica. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Andalucía [En Línea] Tomado de: <http://www.fondosdigitales.us.es/publicthesis/388/9081.pdf>.2005
- VILCHEZ, J. Ahorro energético en instalaciones de climatización
- VILCHEZ JOSÉ. El Instaladol, Artículo Técnico. Febrero del 2003. Pag
- BORGE B Estudio de la Climatización del Hotel Miraflores. Trabajo de Diploma ISMM, 2010.

ANEXOS