

REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS
“CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ”
FACULTAD DE INGENIERÍA



DEPARTAMENTO DE MECÁNICA

TRABAJO DE DIPLOMA

En opción al Título de Ingeniero Mecánico

Título: CLIMATIZACIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM) DEL ÁREA MATERIAS PRIMAS EN LA FÁBRICA DE CEMENTOS CIENFUEGOS S.A.

AUTOR: Carlos Alberto Morales Ramírez

TUTORES: MS.C. Gustavo Crespo Sánchez

MS.C José Luis Romero Cabrera



Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” como parte de la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Mecánica; autorizando a que el mismo sea utilizado por la institución para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la aprobación de la Universidad.

Firma del autor

Los abajo firmantes, certificamos que el presente trabajo ha sido revisado según acuerdos de la dirección del centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura, referido a la temática señalada.

Firma del Tutor.

Información Científico Técnica
Nombres y Apellidos.

Computación
Nombres y Apellidos.

Sistema de Documentación de Proyectos
Nombres y Apellidos.

AGRADECIMIENTOS

Especialmente a mi mamá y mi papá, por siempre alentarme y apoyarme en esta y todas las etapas de mi vida, a la que le debo lo que soy y lo que seré en el futuro.

A mi tía, mi hermana y mi hermano, a mis primas, en general a todos mis familiares que de una forma u otra me mostraron siempre su apoyo incondicional.

A mis tutores: Gustavo Crespo Sánchez y José Luis Romero Cabrera, gracias por su esmerada dedicación, entrega y paciencia para conmigo.

A todos mis profesores durante toda la carrera, gracias por sus enseñanzas.

A mis compañeros de aula, gracias por haber hecho estos cinco años de intenso estudio y sacrificio, mucho más divertidos.

A mis amigos y a todas las personas que no olvidaré y que significaron mucho en mi vida como universitario. A todos.

Y muy especialmente a mi novia por estar siempre ahí en todo momento.

DEDICATORIA

A mi mamá, por ser la persona más importante en mi vida, porque su amor, su educación y entrega, han hecho de mí la persona que hoy soy.

A mi papá, por su guía, su entrega y dedicación y por enseñarme que para ser alguien en la vida se requiere mucho esfuerzo y sacrificio.

A mi hermano, por su apoyo, por siempre estar ahí cuando más lo necesito.

A todos los que de una forma u otra me han brindado su amor, respeto y cariño.

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo realizar el análisis técnico para climatizar el Centro de Control de Motores del área Materias Primas en la Fábrica de Cementos Cienfuegos S.A., a partir de la aplicación de un diseño técnico que considera los diferentes factores que inciden en él y que expresan las diferentes necesidades térmicas del local. Se consideraron la posición y ubicación geográfica de la fábrica, así como las diferentes cargas térmicas que existen en referido Centro de Control de Motores y que constituyen elementos imprescindibles en el análisis realizado. Para la instalación del sistema se tiene en cuenta la temperatura y humedad relativa ideal para el correcto funcionamiento de los equipos de control eléctrico. Se realizó el cálculo de las diferentes cargas térmicas considerando las variables climáticas y las situaciones menos favorables para su explotación. Escogiendo el tipo de equipo teniendo en cuenta factores de explotación del local, soluciones y equipos más utilizados en el país. Se realizó el respectivo análisis económico teniendo en cuenta los equipos de clima seleccionados para la correcta climatización del local.

Palabras claves:

Climatizar, diseño, cargas térmicas, temperatura, humedad.

ABSTRACT

The objective of this investigation is to perform a technical analysis in order to cool the Engine Control Center of the primary materials in the “Fábrica de Cementos Cienfuegos S.A.”, starting from the application of the technical design that considers the different factors that influence it and that express the different thermic needs of the local. The geographic position of the factory, as well as the different thermic loads that exist in the Engine Control Center, as they are essential for the analysis. The calculation of the different thermic loads is performed taking into account the different climatic changes and the less favorable situations for exploitation. The equipment is chosen taking into account the local exploitation factors and the most common solutions and equipment used in the country. An economic analysis taking into account the selected cooling system for the local is performed.

KEY WORDS:

Cooling, design, thermic load, temperature, humidity.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
Capítulo 1: Equipos y sistemas de climatización. Revisión documental sobre los equipos de clima.....	6
1.1 Reseña histórica de la climatización.....	6
1.2 Climatización.....	8
1.3 Clasificación de los sistemas de climatización.....	10
1.3.1 Sistemas Aire-Aire.....	11
1.3.2 Sistemas todos refrigerantes.....	11
1.3.2.1 Sistemas partidos unitarios (Split).....	11
1.3.2.2 Sistemas partidos múltiples (multi-split).....	12
1.3.3 Sistemas refrigerante-aire.....	12
1.3.4 Sistema todo agua.....	13
1.3.5 Sistema agua-aire.....	14
1.3.5.1 Sistemas de inducción.....	14
1.3.6 Sistemas todo aire.....	15
1.4 Sistemas de climatización demandados en la actualidad.....	17
1.4.1 Máquinas múltiples.....	17
1.4.2 Sistemas de climatización con válvulas de tres vías.....	18
1.4.3 Sistemas asimétricos.....	19
1.5 Climatización y corrosión en salas de control eléctricas.....	19
1.6 Climatización en la actualidad. Principales inconvenientes.....	20
1.7 Refrigerantes.....	22
1.7.1 Refrigerantes más usados en la actualidad.....	23
1.7.2 Situación de los refrigerantes e impacto ambiental de estos.....	23
1.8 Tecnologías y métodos amigables al medio ambiente y energéticamente eficaces.....	24
CONCLUSIONES PARCIALES:.....	27
Capítulo 2: Metodología para el cálculo de cargas térmicas del local.....	29
2.2.1 Cálculo de la carga térmica sensible.....	31
2.2.2 Calculo de la carga térmica latente.....	40
CONCLUSIONES PARCIALES:.....	42
Capítulo 3: Resultados de los cálculos térmicos y selección de los equipos de clima del Centro de Control de Motores (CCM) del área de Materias Primas.....	44
3.1 Características climatológicas principales.....	44
3.2 Principales indicadores del clima.....	44
3.3 Características del espacio a climatizar.....	45
3.4 Parámetros de diseño del local (CCM).....	46
3.5 Temperatura exterior para el cálculo.....	47
3.6 Cálculos de las cargas térmicas para la climatización del local.....	47

3.7 Selección de los equipos de climatización.....	52
3.8 Estudio económico.....	53
3.9 Impacto Ambiental.....	56
CONCLUSIONES PARCIALES:	57
CONCLUSIONES GENERALES	58
RECOMENDACIONES.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS.....	62

INTRODUCCIÓN

La fábrica “ Cemento Cienfuegos S.A ”, ubicada en el poblado de Guabairo, perteneciente a la provincia Cienfuegos se ha dedicado durante más de 30 años a la explotación de minerales para producir Clinker y cemento, aprovechando al máximo el proceso de producción. Como parte de esta Empresa Mixta, perteneciente al Ministerio de la Construcción, cuyo objeto social es producir y comercializar materias como Clinker y cemento al mercado nacional e internacional, la continuidad del proceso de producción es un elemento primordial en el logro de los objetivos comercializadores de la empresa, pues una avería de cualquier índole rompería estas metas trazadas. La empresa mixta Cementos Cienfuegos S.A. se encuentra en la actualidad en un proceso de implementación de un Sistema de Gestión Energética sobre la base de las normas ISO 50001:2015, donde la optimización de los consumos energéticos empleados en la climatización de locales tecnológicos tiene una gran importancia debido a la necesidad de mantener la capacidad de trabajo de los sistemas de control automático con el mantenimiento de las condiciones ambientales y de temperatura de diseño que disminuyan las tasas de fallo y/o indisponibilidad de sus componentes que pudieran producir la parada del sistema tecnológico que conllevarían a pérdidas económicas para la empresa.

Como **Misión** se plantea: ser una empresa productora de Clinker y cemento para el desarrollo de las personas, la empresa y la sociedad.

Su **Objeto Social** para alcanzar dicha meta es: la Modernización, rehabilitación, optimización, operación, mantenimiento, ampliación de la capacidad y explotación de la Planta, la explotación, extracción, transporte y proceso industrial de los minerales de calizas, margas, tobas, limonitas y arenisca ubicados en los yacimientos autorizados en las concesiones mineras que se transferirán o que posteriormente se otorguen, así como la producción, exportación, almacenamiento, transporte terrestre y marítimo, distribución, comercialización de Clinker, cemento, aditivos de cemento y modificantes especiales de cemento.

La **Política** trazada es: El producir y comercializar Clinker y cemento para el servicio de nuestros clientes, priorizando nuestro capital humano, conservando el medio ambiente, mejorando continuamente nuestros procesos y creando valor para las partes interesadas.

Visión: Continuar siendo líderes en la fabricación de cemento y una de las mejores empresas industriales de Cuba, con índices de seguridad industrial, medio ambiente, calidad, eficiencia, productividad y rentabilidad a nivel internacional. Así como un equipo de trabajo comprometido con la satisfacción de nuestro personal, clientes, proveedores, accionistas y el entorno.

La aplicación de un sistema de climatización se ha hecho indispensable en todo edificio moderno, siendo esto considerado como necesidad y rara vez un lujo (en aplicaciones industriales), ya que está destinado no solo al confort de los ocupantes, sino también como un requisito para procesos, además del óptimo funcionamiento de dispositivos y equipos. También las características arquitectónicas del espacio a climatizar tienen gran importancia en cuanto a la definición y selección del sistema de climatización necesario en el caso ocupado, según a las necesidades del cliente y dentro del marco legislativo vigente. Otros factores que influyen son la orientación del edificio así como cantidad de personas que ocupen el local (un tiempo significativo) y uso destinado de este.

La fábrica cuenta con un local de Control de Motores del Área de Materias Primas donde se encuentran varias pizarras de control equipos eléctricos. La ausencia de climatización debido a la rotura de los equipos obsoletos de clima que contaba dicho local provoca que estos equipos se vean obligados a trabajar bajo condiciones que no son las ideales, provocando esto un aumento del consumo de energía de los mismos y riesgo de falla o rotura.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

No existe un sistema de climatización en el Centro de Control de Motores del área Materias Primas de la Fábrica de Cementos Cienfuegos S.A. que proporcione un ambiente de trabajo óptimo para los equipos eléctricos instalados en este local.

HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.

La realización de un análisis técnico permitirá la climatización Centro de Control de Motores del área Materias Primas de la Fábrica de Cemento Cienfuegos S.A. que proporcione un ambiente de trabajo óptimo para los equipos instalados en el local.

OBJETIVO GENERAL.

Realizar un análisis detallado de las cargas térmicas existentes en el local para la adecuada selección de los equipos de climatización, acorde a las características y condiciones de dicho local.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Realizar una búsqueda de información en fuentes bibliográficas para la elaboración de un marco teórico referente a equipos de climatización.
2. Elaborar una metodología de cálculo de las diferentes cargas térmicas presentes en el local.
3. Analizar los parámetros ambientales del local y su ubicación, calculando las cargas térmicas del mismo.
4. Realizar un análisis técnico-económico y medioambiental, que justifique la climatización del Centro de Control de Motores del área Materias Primas de la Fábrica de Cemento Cienfuegos S.A.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.

1. ¿Se alcanzará condiciones de trabajo óptimas después de ser instalados los equipos de climatización, que repercutan en una mejor explotación de los equipos presentes en el local?
2. ¿Sera energética y económicamente factible la instalación del sistema de climatización en el Centro de Control de Motores del área Materias Primas de la Fábrica de Cemento Cienfuegos S.A.?

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Debido al clima caluroso presente en Cuba y específicamente en la localidad en que se encuentra enclavada Cementos Cienfuegos S.A durante la mayor parte del año, con temperaturas que en verano sobrepasan los 30°C, el calor desprendido

por los equipos de control de motores presentes en dicho local. Dicho sistema evitará el sobrecalentamiento de los equipos del local y aumentará la vida útil de estos así como mejorar las condiciones para los operadores que realizaran el monitoreo de los paneles o pizarras de control que se encuentran en el local. Además los Centros de control de motores (CCM), son pizarras donde se localizan toda la automática relacionada con el control de la alimentación de energía eléctrica mediante dispositivos eléctricos inteligentes (PLC), elementos que según el fabricante y los distribuidores, deben trabajar bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y limpieza del aire.

VIABILIDAD.

En la fábrica de Cemento se cuentan con los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto en su fase de ejecución. Es decir, en la empresa existen los equipos y el personal capacitado que son indispensables en la propia instalación del sistema de climatización. Así como las facilidades de transportación de los equipos de clima al tener vehículos para este fin y maquinarias para posibles necesidades en la instalación de los equipos.

OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.

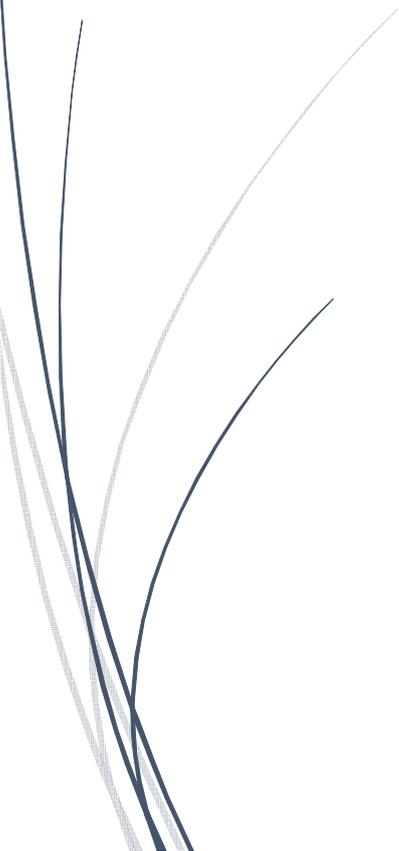
Lograr unos mejores parámetros de trabajos presentes en el local para un mejor funcionamiento de los paneles de control, conllevando a una mayor seguridad en la explotación de estos equipos.

CAMPO DE ACCIÓN.

Esta investigación se centrará en los cálculos de cargas térmicas del local de instalación de los equipos de clima, en la correcta selección de dichos equipos y posterior análisis económico.



CAPÍTULO 1



Capítulo 1: Equipos y sistemas de climatización. Revisión documental sobre los equipos de clima.

1.1 Reseña histórica de la climatización.

Durante la antigüedad los egipcios ya utilizaban sistemas para reducir el calor, principalmente en los palacios, cuyas paredes se encontraban forradas de enormes bloques de piedra de varias toneladas de peso. Durante la noche tres mil esclavos desmantelaban las paredes y acarreaban las piedras al Desierto del Sahara. Debido a que el clima del desierto es extremo y las temperaturas disminuyen a niveles muy bajos, durante las horas nocturnas las piedras se enfriaban, entonces justo antes del amanecer los esclavos movían las piedras de regreso al palacio volviendo a colocarlas en su sitio. Se supone entonces que el faraón disfrutaba de temperaturas que oscilaban entre los 26 grados Celsius, mientras que afuera la temperatura subía hasta casi el doble. Si en ese entonces se necesitaba de miles de esclavos para poder realizar la labor de acondicionamiento del aire actualmente esto se efectúa fácilmente. En 1842, Lord Kelvin inventó el principio del aire acondicionado, con el objetivo de conseguir un ambiente agradable y sano, el científico creó un circuito frigorífico hermético basado en la absorción del calor a través de un gas refrigerante (Historia del aire acondicionado, 2011).

Un aparato de aire acondicionado sirve, tal y como indica su nombre, para el acondicionamiento del aire. Éste 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 (Stocker, 1985).

La función de refrigeración y deshumectación, se realiza en verano en forma simultánea en la batería de refrigeración, dado que si no se realiza, el porcentaje de humedad relativa aumenta en forma considerable, provocando una sensación de molestia y pesadez. La humedad contenida en el aire que circula se elimina por

condensación, porque se hace trabajar la batería a una temperatura inferior a la del punto de rocío.

En el año 1902, Willis Haviland Carrier fundamentó las bases de la refrigeración moderna y al encontrarse con los problemas de la excesiva humidificación del aire enfriado, las del aire acondicionado, desarrollando el concepto de climatización de verano. En 1911, Carrier reveló su Fórmula Racional Psicométrica Básica a la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. La fórmula sigue siendo hoy en día la base de todos los cálculos fundamentales para la industria del aire acondicionado. El inventor dijo que recibió su “chispa de genialidad” mientras esperaba un tren. Era una noche brumosa y él estaba repasando mentalmente el problema del control de la temperatura y la humedad. Para cuando llegó el tren, ya había comprendido la relación entre temperatura, humedad y punto de condensación. Las industrias florecieron con la nueva posibilidad para controlar la temperatura y los niveles de humedad durante la producción. Tanta fue su importancia que muchos productos que requieren de temperatura controlada obtuvieron una mejora considerable (Historia del aire acondicionado, 2011).

En 1915, entusiasmados por el éxito, Carrier y seis amigos ingenieros reunieron 32,600 dólares para formar la Compañía de Ingeniería Carrier, dedicada a la innovación tecnológica de su único y novedoso producto, el aire acondicionado. Durante esos años, su objetivo principal fue mejorar el desarrollo de los procesos industriales con máquinas que les permitiesen el control de la temperatura y la humedad, y así por casi dos décadas, el uso del aire acondicionado estuvo dirigido a las industrias, más que a las personas.

En 1921, Willis Haviland Carrier patentó la Máquina de Refrigeración Centrífuga. También conocida como enfriadora centrífuga o refrigerante centrifugado, fue el primer método para acondicionar el aire en grandes espacios. Máquina de Refrigeración Centrífuga las máquinas anteriores usaban compresores impulsados por pistones para bombear a través del sistema el refrigerante, a menudo amoníaco, tóxico e inflamable. Carrier diseñó un compresor centrífugo similar a las

paletas giratorias de una bomba de agua. El resultado fue un enfriador más seguro y eficiente.

En 1928, el propio Carrier desarrolló el primer equipo que enfriaba, calentaba, limpiaba y hacía circular el aire para casas y departamentos, pero la Gran Depresión en los Estados Unidos puso punto final al aire acondicionado en los hogares. Las ventas de aparatos para uso residencial no empezaron hasta después de la Segunda Guerra Mundial. A partir de entonces, el confort del aire acondicionado se extendió a todo el mundo, claro está con precios mucho menos asequibles de los que encontramos en la actualidad, siendo un lujo que muchos no podían permitirse.

En 1958 se constituye la ASHRAE (American Society of Heating Refrigeration Air Conditioning Engineers).

En 1982 el senado de los Estados Unidos aprueba el protocolo de Montreal de las Naciones Unidas para las sustancias que generan daños a la capa de ozono. Sustancias entre las cuales se encuentran en la composición química de los refrigerantes existentes y usados por los equipos de climatización y refrigeración a lo largo de varios años (Historia del aire acondicionado, 2011).

1.2 Climatización.

Un climatizador, o como también es llamado Unidad Manejadora de Aire (UMA) o Unidad de Tratamiento de Aire (UTA) es el equipo principal en el tratamiento del aire en las instalaciones de climatización en cuanto a los caudales correctos de ventilación (aire exterior), limpieza (filtrado), temperatura y humedad. Por sí mismos no producen calor ni frío, que les llega de fuentes externas (caldera o máquinas frigoríficas) por tuberías de agua o gas refrigerante. (Stocker, 1985).

El climatizador puede velar por los tres parámetros elementales de la calidad del aire acondicionado que se resumen en: renovación y limpieza del aire (bajo contenido de partículas, polvo, en suspensión), control de la temperatura (tanto en verano como en invierno) y de la humedad relativa adecuadas. El objetivo de la

UMA es suministrar un caudal de aire acondicionado para ser distribuido por una red de conductos a los espacios habitados de gotas.

El cuerpo humano a diferencia de las máquinas, necesita de determinadas condiciones de temperatura para desarrollar sus funciones de forma óptima, o sea, el cuerpo humano tiene una apreciación del confort. El término confort es en su esencia una cualidad subjetiva, relacionada a la facilidad con la cual el individuo mantiene el balance térmico entre él y sus alrededores, por lo que la principal función del acondicionamiento de aire es mantener, dentro de un espacio o local dado, condiciones de confort, o bien para la conservación de un producto o para un proceso tecnológico, o simplemente mantener un ambiente agradable.

La sensación de confortabilidad varía indudablemente todo depende de las personas, su metabolismo, edad, sexo, estado físico, ropa que usan, actividad que desarrollan en el local, condiciones atmosféricas exteriores de la localidad, estación del año y características de edificación del local dado.

La calidad de aire interior es muy importante en los edificios dedicados a oficinas y despachos debido a que en muchos casos pueden originarse problemas de salud y falta de bienestar para los trabajadores ocupantes de los mismos. Esto se debe a la existencia de posibles factores de riesgo, como un inadecuado ambiente térmico y una deficiente ventilación. Unas buenas condiciones climáticas resultan importantes para prevenir daños en la salud de los trabajadores de oficinas y constituyen un factor que influye directamente en el bienestar y en la ejecución de la tarea (Climatización Industrial, 2011).

En los sistemas centralizados de aire acondicionado, que proporcionan ventilación, aire caliente y aire frío según las necesidades se emplean en grandes hoteles, restaurantes, teatros, cines y edificios públicos. Estos sistemas son complejos y suelen instalarse durante la construcción del edificio. Cada vez se automatizan más para ahorrar energía y se controlan por computadora u ordenadores.

1.3 Clasificación de los sistemas de climatización.

En la actualidad existe una enorme variedad de diseños y equipos para climatizar locales, esto unido al hecho de que varios sistemas poseen características comunes, hace muy difícil establecer una clasificación con diferenciaciones exactas, Entre los principales tipos de sistemas de climatización existentes en el mercado analizando los diferentes equipos que se caracterizan ante las tipologías de instalaciones que nos podemos encontrar y distinguiendo los usos de cada instalación de climatización en particular. Dicha tecnología está basada en el tratamiento del aire con el fin de obtener un control simultáneo de humedad, temperatura, limpia y una distribución en los espacios interiores como pueden ser en una habitación o en un edificio (Clasificación, 2006).

Las instalaciones de climatización están compuestas en tres procesos diferentes, generación de energía térmica (frio o calor), transporte o distribución y emisión en los locales teniendo en cuenta las siguientes categorías.

Tomando en cuenta estos factores los equipos de producción se nombran con dos palabras, indicando en primer lugar el medio en el que se realiza la evaporación y después el medio condensante. Usualmente se utilizan cuatro tipos de equipos de producción:

- Los sistemas Aire - Aire (Instalaciones todo aire)
- Los sistemas Aire - Agua
- Los sistemas Agua - Agua (Instalaciones todo agua)
- Los sistemas Agua - Aire

Lo más racional es clasificar los sistemas de climatización según sea el fluido que entra en el local para producir el efecto de enfriamiento o calentamiento. Según esto, los sistemas pueden ser:

- Todo-Refrigerante: Sistemas de expansión directa en el interior del local.
- Refrigerante-Aire: Al local llega refrigerante y aire.
- Todo-agua: Al local llega sólo agua.

- Agua-Aire: Al local llega aire y agua.
- Todo-Aire: El único fluido que entra en el local es el aire.

1.3.1 Sistemas Aire-Aire.

Estos son los sistemas son unos de los más comunes que podemos encontrar en el campo de la construcción residencial, los comercios o por ejemplo entidades bancarias de pequeñas potencias, así como también en locales eléctricos con dimensiones relativamente pequeñas. Estas instalaciones se pueden ver en los falsos techos y muros conectados a difusores de aire y conductos disponiendo de una unidad exterior unidos normalmente por tuberías de cobre aisladas con los desagües pertinentes. No hace muchos años, también los podíamos encontrar a veces instalados en las ventanas, con la parte externa intercambiando el calor.

1.3.2 Sistemas todos refrigerantes.

En estos sistemas la refrigeración se produce por la expansión directa del refrigerante en un equipo provisto de batería aleteada para este propósito. El aire del local pasa directamente por la batería en la que se expansiona el refrigerante, que forma parte pues del sistema frigorífico.

Definido lo anterior podemos concluir que en este grupo, los aparatos compactos de ventana, entre ellos consolas enfriadas por aire o agua, y todos los equipos compactos situados en el interior del local a acondicionar, así como los equipos y sistemas partidos, en los que la unidad condensadora, generalmente condensada por aire se encuentra situada a distancia y unida a la unidad interior o climatizadora, por tuberías de refrigerante. En los últimos tiempos, los sistemas partidos han conocido una extraordinaria evolución y aceptación, tanto en el ámbito doméstico y pequeño comercial (Group C, s.f.).

1.3.2.1 Sistemas partidos unitarios (Split).

Una unidad interior, situada en el local, incorpora la parte del evaporador del circuito frigorífico, incluyendo por tanto la batería, ventilador de impulsión de aire, filtros y los sistemas de regulación. Acogen formas diversas: consola de suelo, de

techo, de pared, con envolvente o sin ella, etc. La evolución tecnológica es constante, teniendo la presencia también de mandos a distancia, y aplicaciones de teléfonos móviles.

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

1.3.2.2 Sistemas partidos múltiples (multi-split).

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

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

El control exacto de las presiones y temperaturas en el refrigerante y de la circulación del aceite, en combinación con la modulación de la potencia frigorífica de los compresores proporciona una gran elasticidad de funcionamiento. La regulación de la potencia frigorífica se hace frecuentemente por variación de la velocidad de giro del compresor, con un sistema de variación de frecuencia de la corriente de alimentación, lo que facilita una adecuación casi total de la potencia producida a la demanda instantánea (Clasificación, 2006).

1.3.3 Sistemas refrigerante-aire.

El principal problema de los sistemas todos refrigerantes, es que no resuelven el aspecto de la ventilación debiendo proporcionarse la misma de manera independiente. Este sistema consiste en un conjunto de equipos como los descritos anteriormente, integrado con un sistema de aire primario.

El aire primario viene tratado en un climatizador central y repartido a los diferentes locales. Este suministra las necesidades de ventilación y parte, o todas las necesidades de deshumidificación, según sea el dimensionamiento. En este caso la repartición de aire primario se hace con una red general de conductos y se impulsa a los locales a través de rejillas. El aire primario también puede ser enviado sin tratamiento termohigométrico, siendo así en este caso se impulsa a la aspiración de los equipos interiores, siendo en estos en los que se enfría y deshumidifica. Asimismo existe la posibilidad de prever los equipos interiores con una toma de aire exterior directa.

1.3.4 Sistema todo agua.

Son aquellos en los que el único fluido caloportador que llega al espacio acondicionado desde el exterior es agua. Para la producción se requieren equipos enfriadores de agua, con condensación por aire o por agua, en este último caso además se requiere la instalación de torres de enfriamiento, para poder a su vez eliminar el calor del agua de condensación, a no ser que se disponga de una fuente continua para el agua de condensación. La cesión del frío al aire del local se realiza en aparatos terminales, que generalmente son ventiloconvectores, que incorporan una batería de tubo aleteado y un ventilador que recircula el aire del local a través de la batería, enfriándolo según la temperatura del agua que se suministra.

Los equipos ventiloconvectores pueden adoptar formas, disposiciones y colocaciones variadas. Desde el más conocido de suelo con envolvente metálica para instalación vista, hasta el oculto sobre el falso techo que aspira e impulsa el aire a través de rejillas, pasando por colocaciones de pared o techo vistos, empotrados en nichos o los más recientes compactos de techo vistos, que incluyen los elementos de difusión (Group C, s.f.).

Generalmente, en el proceso de enfriamiento, se produce también deshumidificación, habiendo necesidad de evacuar el agua formada, lo que en ocasiones presenta dificultades. Modernamente, existen bombas de elevación del

condensado que pueden resolver el problema. Las temperaturas del agua de enfriamiento que se envía suelen estar entre 7 y 9°C (Group C, s.f.).

La regulación es individual para cada local, el cual puede estar servido por uno sólo o varios ventiloconvectores. Puede ser todo-nada, actuando con parada y arranque del ventilador o también sobre una válvula motorizada que corta el paso del agua; si la válvula es modulante, se logra una regulación continua dentro de los márgenes de actuación de la regulación. El sistema todo agua con ventiloconvectores es sencillo y económico si bien no resuelve la ventilación.

1.3.5 Sistema agua-aire.

En los sistemas agua aire, llega a los locales ambos fluidos, realizando cada uno una función, aunque en el diseño admite variantes que diferencian unos de otros.

1.3.5.1 Sistemas de inducción.

En este sistema, los equipos terminales son "inductores", aparatos que no poseen ventilador. El "aire primario" llega a estos inductores a alta presión (generalmente por conductos de alta velocidad) y sale al exterior por unas toberas sobre un estrechamiento (Venturi), que crea en el equipo una zona de baja presión que "induce" un cierto caudal de aire del local (secundario), al que se le hace pasar por una batería, por la que circula agua fría; la mezcla de aire primario y secundario es impulsada al local (Clasificación, 2006).

Usualmente los inductores suelen estar situados perimetralmente sobre el suelo, impulsando el aire verticalmente hacia arriba. La relación de aire primario a secundario suele estar comprendida entre los valores 1/3 a 1/6. El aire primario provee las necesidades de ventilación de los locales, y frecuentemente de la deshumidificación debido a que la mayor parte de la carga latente procede del aire exterior. El aire secundario, compensa la carga sensible a través de la batería por la que circula agua fría, pero a una temperatura prácticamente igual al punto de rocío del aire, con lo que se evita la condensación de humedad.

En este sistema se presentan ventajas tales como proporcionar un mejor control de la humedad y de la ventilación; fue muy utilizado en el pasado, y últimamente está cayendo en desuso.

1.3.6 Sistemas todo aire.

En este sistema el único fluido que entra en el espacio acondicionado es el aire. Este aire, proviene del exterior y está ya tratado, es decir, filtrado, enfriado y deshumidificado, según las necesidades.

El aire puede provenir de una manejadora que a su vez recibe el frío de un productor central (enfriadora de agua), o puede ser un equipo autónomo, que incluye en su interior el sistema de tratamiento de aire y el equipo productor de frío (compresor para expansión directa), o incluso puede ser una manejadora con batería de expansión directa atendida desde un equipo partido.

Los sistemas todo-aire, manejan a su vez, las siguientes variantes:

- Para una sola zona: Sólo existe un local o bien los diferentes locales servidos se considera que tienen siempre la misma carga todos ellos, aunque esto último rara vez se cumple, es frecuente admitir esta imperfección en el diseño, en aras de la economía. La regulación de temperatura puede ser todo-nada, (aportar o no aportar frío), o una regulación continua sobre la temperatura del aire de impulsión o sobre el caudal de éste, y en ambos casos puede ser por actuación sobre el equipo productor (parar o arrancar) o modular (temperatura ambiente, de impulsión, etc.). El caudal de aire debe ser el necesario para la máxima carga.
- Para varias zonas: Si el sistema de aire debe servir a varias zonas con cargas distintas, debe de existir alguna forma de regular la aportación de frío a cada una de ellas según sus propias necesidades.

Los sistemas todo-aire, para varias zonas, pueden ser: sistemas multizona, de doble conducto y de caudal variable.

Los sistemas multizona y de doble conducto tradicionales, implican frecuentemente la mezcla de aire a distintas temperaturas, lo que es energéticamente gravoso.

Los sistemas de caudal variable permiten acondicionar varias zonas con control independiente en cada una de ellas. En los últimos años han experimentado una amplia difusión.

El sistema de volumen variable, permite regular de forma independiente todas las zonas servidas, el caudal de aire del conjunto deberá ser el correspondiente a la carga máxima simultánea, y no a la suma de las máximas de toda la zona, como suele ser cuando se tratan distintos locales como zona única. El ramal de aire que atiende a una zona, está dotado de un elemento motorizado que modula el caudal que se impulsa a esta zona; cada zona puede constar de una sola salida de aire (rejilla, difusor, etc.) o de varias. La modulación del caudal a cada zona puede hacerse de dos modos:

- Por desviación
- Por estrangulación

La variación por desviación, consiste en que el elemento regulador, desvía al retorno el caudal no impulsado. En consecuencia, el sistema es de caudal variable en el local, pero es de caudal constante en el climatizador.

La regulación por estrangulamiento, reduce el caudal en cada ramal, lo que hace que la "característica del circuito total de aire" se modifica; si no se actúa sobre el ventilador, los caudales de aire que van a otras zonas, se modificarán. Para que esto no ocurra, hay que adaptar el caudal que suministra el ventilador a las necesidades de cada momento. Esto puede hacerse de varias maneras:

- Con compuerta en la impulsión
- Con compuerta en la aspiración
- Por variación de velocidad de giro

La compuerta en la impulsión se emplea poco, pues es la más costosa en energía de accionamiento. La compuerta en la aspiración es más eficiente (en realidad, produce una pre-rotación en el aire) y se ha empleado mucho. Actualmente es ya más frecuente la modificación de la velocidad de rotación del ventilador, por medio de un variador de velocidad por modulación de la frecuencia de la corriente de alimentación al motor. La señal que se controla es la presión estática a la salida del ventilador, que se mantiene aproximadamente constante, con lo que el caudal que llega a las diferentes zonas apenas es afectado por la modulación de las demás.

Una de las cuestiones a tener en cuenta en los sistemas de volumen variable es que, al disminuir el caudal de aire a carga parcial, el funcionamiento de los elementos de difusión (difusor y rejilla) se ve fuertemente modificado; especialmente en régimen de refrigeración, el aire frío sale a menor velocidad, lo que provoca una rápida caída del chorro, lo cual puede crear molestias a los ocupantes y un deficiente movimiento de aire en el local.

Las modificaciones en las condiciones de difusión del aire hacen que este sistema esté especialmente indicado en aquellos locales en los que variación de carga no sea grande, de modo que el caudal de aire no baje nunca por debajo del 50% o 60% del máximo.

1.4 Sistemas de climatización demandados en la actualidad.

1.4.1 Máquinas múltiples.

La selección de máquinas múltiples para una carga común se basa normalmente en la disponibilidad, confiabilidad y versatilidad: disponibilidad a causa de las limitaciones de tamaño por razones económicas de producción; confiabilidad a causa de poder trabajar con una parte de la carga cuando una máquina tiene que ser puesta fuera de servicio para su reparación; y versatilidad a causa de aptitud para la eficiente adaptación de la capacidad del compresor a los requisitos de

carga parcial. Las máquinas múltiples se emplean poca veces con cargas de acondicionamiento de aire normalmente menores de 1.200.000 frigorías por horas.

Cuando se necesitan dos o más máquinas de centrifugas para trabajar con una carga, pueden ser utilizadas con disposición en paralelo o en serie de los enfriadores. Estas disposiciones se controlan de manera análoga a las de las máquinas simples o únicas.

1.4.2 Sistemas de climatización con válvulas de tres vías.

A pesar de que es un sistema en desuso por los excesivos gastos energéticos, de mantenimiento y reposición, sin embargo es el más usado en las instalaciones cubanas.

Actualmente el desarrollo de nuevas técnicas lo ha hecho obsoleto, debido a su forma de operar ocasiona gastos energéticos innecesarios e insostenible lo que ocasiona costos que saca la instalación de competencia en el mercado.

Sus deficiencias se derivan de:

- El sistema mueve constantemente en sus bombas el volumen total de agua fría. Para demandas inferiores a la máxima no es necesario utilizar todo el volumen de agua disponible, sin embargo, este sistema no lo tiene en cuenta, perdiendo una cantidad considerable de energía con el paso de toda el agua constantemente por las tuberías.
- Las unidades enfriadoras (Chillers) deberán enfriar toda el agua aunque la demanda no lo exija así, provocándose un gasto energético que se ha elevado innecesariamente.
- Como consecuencia, los dispositivos del sistema, bombas, válvulas, etc.; trabajan continuamente a máxima capacidad, sufriendo un desgaste innecesario.
- Los costos de mantenimiento y reposición aumentan por trabajar el trabajo excesivo.

La operación básica que no permite aumentar la rentabilidad de este sistema, es el uso de un flujo de agua fría constante, que provoca el uso de válvulas de tres vías.

1.4.3 Sistemas asimétricos.

Muchos diseñadores de sistemas parecen estar descartando diseños de igual capacidad y en su lugar optan por Chillers de diferentes capacidades. Debido a los beneficios que pueden reportar, pues cuando una enfriadora entra en funcionamiento, también arrancan los equipos auxiliares asociados (las bombas y la torre de enfriamiento).

Otro de los beneficios de capacidades de enfriadoras desiguales es que la carga del sistema puede ajustarse más estrechamente con la capacidad de la enfriadora operando (y el equipo auxiliar) aumentados así la eficiencia del sistema. Un caso de operación asimétrica es cuando se trabaja con dos enfriadoras de igual y gran capacidad con una de menor capacidad. La enfriadora de mayor capacidad se utiliza como una enfriadora de balance (swing chiller).

La enfriadora de balance más pequeña ópera cuando las cargas de enfriamiento son bajas, durante la noche o durante los periodos desocupados.

Cuando la carga del edificio excede la capacidad de la enfriadora de balance, entra en funcionamiento una enfriadora de mayor capacidad. Las enfriadoras de mayor capacidad suplen la carga del edificio hasta vencerla.

1.5 Climatización y corrosión en salas de control eléctricas.

La corrosión ambiental es producida no solo por agentes atmosféricos externos tales como la humedad, temperatura y salinidad del aire, sino también por los gases generados por la propia factoría, procedentes de evaporaciones de fluidos en proceso, fugas de gas, etc. causantes de la corrosión en las salas de control, salas de ordenadores y salas de equipos eléctricos.(Stocker, 1985).

- Instalación de unidades de tratamiento del aire en ambientes de corrosión, para evitar averías en tarjetas electrónicas y demás componentes electrónicos de la maquinaria.
- Sistema visual de presurización de la sala, estado de filtros y caudalímetro entrada de aire tratado en la sala.
- Aplicación de un tratamiento especial anticorrosión en las unidades de climatización, para evitar la rápida propagación de la corrosión, garantizando el funcionamiento de la máquina sin fugas durante años.
- Unidades de climatización perfectamente calculadas para garantizar la temperatura de climatización de la sala.
- Armarios climatizadores para cuadros eléctricos.
- El cuadro controla las unidades de climatización y en caso de aumento de temperatura, conecta la unidad de reserva consiguiendo una garantía de climatización de la sala de 100%.

1.6 Climatización en la actualidad. Principales inconvenientes.

El estudio de un sistema de climatización de un local dado tiene como objetivos principales la calidad del ambiente, el ahorro de energía y el cuidado medioambiental.

En los locales modernos las personas están expuestas a un amplio espectro de sustancias polucionantes, todas ellas presentes en muy baja concentración y procedentes de materiales de construcción, mobiliario, elementos de decoración, equipos de oficina, metabolismo humano, humo de tabaco, aire exterior o incluso, los componentes del mismo sistema de climatización. Por lo tanto, en líneas generales, la calidad del aire interior en los locales y la ventilación, debe obedecer a dos requisitos fundamentales: los riesgos para la salud de los seres humanos deben ser mínimos y el aire debe tener un olor agradable que proporcione bienestar en el entorno laboral (Climatización Industrial, 2011).

Para el control de la calidad del aire interior se emplean dos métodos fundamentales: la dilución mediante aire exterior y la purificación mediante

procedimientos tales como la adición de sustancias olorosas, eliminación por filtración, absorción, adsorción, ionización o fotoxidación. Los métodos basados sobre la dilución por aire exterior conducen al empleo de caudales de ventilación mayores que los tradicionales, es decir, requieren la presencia de sistemas de aire acondicionado del tipo todo aire, lo que supone una mayor penalización en el consumo energético final, salvo cuando las condiciones del aire exterior sean favorables para la utilización del enfriamiento gratuito o cuando se adopten sistemas de recuperación de energía.

En la actualidad, el costo que representa la energía eléctrica es de vital importancia en una especialidad como el aire acondicionado que requiere un elevado consumo, por lo que su reducción es una de las premisas básicas en los criterios de diseño. Para ello, existen numerosas tecnologías y medios de aplicación, que se centran fundamentalmente en el ajuste de las necesidades, la utilización de fuentes de energía no convencionales, el incremento de la eficiencia y la recuperación de la energía residual, independientemente de utilizar equipos de alto rendimiento.

El apropiado uso del aislamiento térmico en el edificio, contribuye un elemento fundamental, dado que ellos implican equipos de aire acondicionado más pequeños con un consumo energético menor durante toda su vida útil del edificio. A su vez la aislación térmica reduce al mínimo las pérdidas de calor en los equipos, unidades de tratamiento de aire y la red de conductos y cañerías de la instalación.

Otro aspecto fundamental es el incremento de la eficiencia energética, mediante el fraccionamiento de la potencia de los equipos, con objeto de adaptar la producción de aire acondicionado a la demanda del calor del sistema, parcializando las unidades productoras a fin de conseguir en cada instante, el régimen de potencia más cercano al de máximo rendimiento. La utilización del ciclo bomba de calor para calefacción es recomendable en lugar de resistencias eléctricas y el empleo de gas natural para refrigeración con unidades enfriadoras de agua operando con el ciclo de absorción constituye una alternativa a considerar. Otras formas de

ahorrar energía, consisten en la recuperación de calor de condensación aprovechando que los equipos frigoríficos desprenden en su funcionamiento gran cantidad de calor que convenientemente recuperada puede ser empleada para otros servicios o zonas frías del edificio o también el almacenamiento de energía enfriando agua o produciendo hielo en las horas de la noche cuando la tarifa energética es más económica(Climatización Industrial, 2011).

En general podemos señalar que, de acuerdo al enfoque actual, todo consumo energético implica una responsabilidad por el empleo de recursos limitados y por su repercusión medioambiental y debe realizarse bajo estrictos criterios de racionalización.

Los sistemas climatización y acondicionamiento de aire, influyen negativamente sobre el medio ambiente tanto por ser altos consumidores de energía, principalmente eléctrica generada en grandes centrales industriales a partir de procesos de combustión, contribuyendo al efecto invernadero y al previsiblecambio climático global y utilizando refrigerantes clorofluorocarbonos, que influyen directamente en la capa de ozono.

1.7 Refrigerantes.

Se denomina refrigerante al fluido al utilizado en la transmisión de calor que, en un sistema de refrigeración o climatización, absorbe calor a bajas temperatura y presión, cediéndolo a temperatura y presión más elevadas. Este proceso tiene lugar, generalmente, con cambios de fase del fluido (Copeland. Refrigeration Manual, n.d.).

En la industria moderna el uso de refrigerante tiene una gran demanda, debido a su amplia gama de aplicación, que van desde equipos de transferencia de calor más abarcadores, hasta aplicaciones muy específicas como los equipos de aire acondicionado. El principio de funcionamiento de estos equipos se basa en un ciclo termodinámico inverso que utiliza el refrigerante como sustancia de trabajo.

La elección del refrigerante es de vital importancia para el correcto funcionamiento del equipo y para que el ciclo logre valores aceptables de eficiencia. Además de tener en cuenta el aspecto anterior, también se debe de realizar la elección basada en el aspecto ambiental. Esto quiere decir que es muy importante realizar la selección teniendo en cuenta el impacto ambiental que pueda producirse en casos de fugas.

Debido a esto existe una tendencia en el mundo a la sustitución de los refrigerantes que más contaminan, por otros que sean menos dañinos pero que puedan ser utilizados en equipos donde se empleaban estos.

1.7.1 Refrigerantes más usados en la actualidad.

Teniendo en cuenta que en principio podría ser considerado como refrigerante cualquier sustancia que cambie de fase de líquido a vapor a una temperatura baja, en función a las condiciones de presión. Por esto el agua fue y es el refrigerante natural más usado y el conocimiento en la antigüedad de que añadiéndole nitrato sódico a esta, se conseguía disminuir notablemente su temperatura. Otros refrigerantes de los más usados son por solo citar algunos:

- R-717 o amoníaco
- R-22
- R-404
- R-407c
- R-410a

1.7.2 Situación de los refrigerantes e impacto ambiental de estos.

Los productos clorofluorados, conocidos como CFC's son derivados del metano cuando satura sus átomos de hidrógeno con átomos de flúor y de cloro. Estas sustancias resultaron ideales como refrigerantes porque eliminaban en gran parte los inconvenientes de los productos anteriores, pero a partir del hallazgo de Frank Sherwood Rowland y Mario Molina en 1974, de la influencia de estos productos en la formación del agujero de la capa de ozono, debido a su contenido en cloro,

muchos países se reúnen en Montreal y redactan un protocolo para la sustitución escalonada de estos productos frigorígenos por otros más ecológicos. En el protocolo de Montreal se estableció como fecha para la desaparición de los CFC el 1 de enero de 1996 y para los HCFC el 1 de enero de 2030, posteriormente acercada al 2014 y en Europa acordada para el 2004

Desde el 1 de enero de 2010 está prohibido utilizar HCFC puros para el mantenimiento y recarga de equipos existentes en esa fecha y desde el 1 de enero de 2015, el uso de HCFC reciclados. Todo esto ha provocado que las emisiones de gases fluorados de efecto invernadero hayan aumentado un 60 % desde 1999.

Posteriormente se han encontrado otras soluciones, como la conocida con el nombre de: refrigerantes verdes, o refrigerantes de bajo PCA como el R-407c, el R-134a y el R-410a, pero tampoco podrán usarse en 2022 para equipos nuevos y está sin determinar la fecha límite de su uso para servicio y mantenimiento. Curiosamente, todo este problema está haciendo que se vuelva la vista hacia los ahora denominados «refrigerantes naturales» como el amoníaco, su aplicación en equipos de refrigeración comercial se ha mantenido hasta hoy en día y muchos profesionales lo consideran como el refrigerante del futuro.

1.8 Tecnologías y métodos amigables al medio ambiente y energéticamente eficaces.

Los sistemas de aire acondicionado bien ejecutados, dirigidos hacia el ahorro de energía, puede contar con equipos eficientes, uso de combustibles económicos o fuentes de energía alternativas y a esto debe agregarse una correcta operación, mediante temperaturas, velocidad de distribución de fluidos, tiempos de utilización y sistemas de control óptimos. Por otro lado, la aplicación de un adecuado aislamiento térmico y la mejora en la hermeticidad de los edificios es fundamental, dado que esto implica equipos con menor consumo energético durante toda la vida útil.

Estos proyectos deben realizarse en función de la característica de la instalación y estructurados de manera coherente, efectuándose un balance energético con un análisis económico para definir la solución más conveniente. También deben fraccionarse la capacidad de los equipamientos a fin de adaptar la producción de aire acondicionado a la demanda de calor del sistema en la magnitud y momento que se produce, con objeto de conseguir en cada instante, el régimen de potencia más cercano al de máximo rendimiento.

Debe tenerse en cuenta que al instalar equipamientos más eficientes, adoptar aislamientos más eficaces, y proyectar edificios que disipen menos energía o proveer instalaciones que recuperen energía, obliga a mayores inversiones económicas que deben recuperarse con el ahorro que pueda conseguirse, sobre las bases del tiempo que se considere sea necesario establecer como razonable. Para esbozar los lineamientos básicos a adoptar en el proyecto, debe conocerse el problema en su total dimensión, como ser la cantidad y características de los consumos y los ahorros que se pueden obtener, por lo que se hace necesario realizar la medición con datos objetivos los procesos energéticos que se producen, para determinar donde es posible y además conveniente la aplicación de nuevas tecnologías(G, 1994).

En el caso de los edificios existentes el proyecto de mejoras energéticas consiste en actuar sobre cada uno de los problemas en concreto, como por ejemplo, controlar los niveles de trabajo de los equipos en operación, revisar los flujos de aire y agua, analizar la posición de los sensores ambientales, optimizar los consumos mejorando las operaciones de mantenimiento, tales como la limpieza de los filtros, control del estado de funcionamiento de los equipos, circulación del aire o agua, etc.

En las ampliaciones de los edificios, la modificación de las instalaciones de aire acondicionado por aumento de los sistemas instalados, cambios de tecnologías, etc. requieren una estrategia de crecimiento. El agregar nuevas máquinas a las ya existentes para satisfacer necesidades de ampliación no previstas, lleva muchas veces a resultados finales de instalaciones de distinta técnica, con bajos índices

de eficiencia, altos costos de espacio, gestión y mantenimiento, por lo que debe analizarse siempre con mucho detenimiento la posibilidad de adicionar los equipamientos de la manera más racional posible.

Un punto crítico en el diseño lo constituye muchas veces la falta de datos reales y significativos sobre las características de las necesidades de acondicionamiento y su programa de desarrollo a corto, medio y largo plazo debido a las continuas innovaciones y modificaciones tecnológicas, por lo que se debe contar con una información completa y lo más actualizada posible, con objeto de prever los futuros cambios a ocurrir en los procesos, que permitan una adecuada planificación del proyecto orientado al ahorro de energía eléctrica(G, 1994).

CONCLUSIONES PARCIALES:

1. Se conocieron los principales equipos de climatización utilizados en la actualidad, brindando diferentes criterios para la posterior selección del equipo que brinde la demanda de frío del local objeto de estudio.
2. Al saber los principales inconvenientes de la climatización, para trabajar en soluciones que podrán disminuir o erradicar problemas que vienen aparejados al tipo de equipo seleccionado.
3. Ambientalmente, un factor fundamental en la actualidad, teniendo en cuenta el tipo de refrigerante utilizado en los equipos de climatización, conocer que el más amigable para el medio ambiente.



CAPÍTULO 2



Capítulo 2: Metodología para el cálculo de cargas térmicas del local.

Este capítulo analizará la estructuración de la metodología empleada para este estudio con el objetivo final de la selección de uno o varios equipos de clima capaces de satisfacer las demandas térmicas del local.

2.1 Metodología para el cálculo.

Para la climatización es primordial asegurar las condiciones de trabajo de los equipos y personal ocupante de este local, requerimientos y condiciones indispensables a cumplir. Con la finalidad de hacer una correcta selección de los equipos de aire acondicionado de acuerdo a la máxima carga real o efectiva presente en este espacio. Como en la realidad se hace difícil medir dichas cargas en un espacio dado, en su mayoría se hace un estimado de estas, tratando con una mayor veracidad las componentes de estas cargas. Al ser muy comunes los errores cometidos en los cálculos de cargas de enfriamiento, por la incorrecta omisión de uno o más factores que afectan a ella. Por ello diferentes autores mencionan procesos en los cuales se ven las mayores fuentes de cargas en una edificación o local dado:

- Radiación y conducción a través de ventanas.
- Personal ocupantes: calor sensible desprendido por estas.
- Por infiltración: intercambiado de aire acondicionado con aire exterior.
- Equipo eléctrico: calor desprendido por las luces, motores, equipos eléctricos y otros aparatos.
- Carga latente: condensación por el acondicionador de aire de la humedad procedente de fuentes tales como gente, aparatos de cocina y aire exterior.
- Ventilación: la sustitución controlada de aire acondicionado por aire exterior.

La carga térmica se define como el fenómeno que tiende a modificar tanto la temperatura como la humedad absoluta dentro de un recinto; es decir, la cantidad de calor que debe ser retirada del sitio por refrigerar para obtener la temperatura deseada.

También es imperante que el aire suministrado al espacio acondicionado tenga las condiciones necesarias para satisfacer las cargas antes mencionadas. Por lo tanto se debe comenzar por determinar las cargas térmicas interiores y exteriores, de las cuales las principales son las (Definición de Cargas Térmicas, 2005):

- Cargas Exteriores: Cargas a través de paredes, techos y suelos: Existe un tipo de carga sensible, producto de la transferencia de calor que se da a través de las superficies de la edificación. Esta situación aportara un calor que hará que se aumente la temperatura del aire.
- Cargas por la ventilación: No pocas edificaciones toman el aire externo, ya sea para mantener la pureza en el aire o para facilitar la respiración. Y debido a que este aire se encuentra a diferentes condiciones de humedad y temperatura, se puede hablar de carga latente y carga sensible.
- Cargas Interiores: Son las cargas por ocupantes (seres humanos), teniendo en cuenta la actividad que ejecuten y la temperatura ambiente a la que se encuentren, disipan una cierta cantidad de calor. Esta carga se da bajo forma sensible y latente.
- Cargas por Luminarias: La iluminación sustenta cierto consumo de energía, la cual se transformara en energía térmica. Esta incide en la edificación bajo la forma de carga sensible.
- Cargas por infiltración: Debido a las puertas y ventanas del espacio climatizado, por medio de las cuales penetra cierta cantidad de aire exterior que induce en una pequeña cantidad de carga latente y sensible.
- Carga debido a máquinas y motores: La cantidad de calor que disipen depende de la naturaleza de la máquina. Sin embargo, son capaces de aportar tanto carga sensible como latente.

2.2 Cálculo de la carga térmica para la climatización.

Después de pertinente búsqueda de la información relacionada con los factores anteriormente expuestos como son entre otros; los valores de las variantes del clima, las características constructivas del local, cantidad de personal en el local,

fuentes de calor internas y cantidad de ventilación requerida. A continuación se detallan los métodos de cálculo empleados para la determinación de las cargas térmicas de los locales tomados de varios métodos, confluyendo en las similitudes y aspectos esenciales en este. Los métodos descritos son ampliamente empleados, demostrando la experiencia que ofrecen resultados adecuados. La metodología está dirigida al cálculo de las cargas térmicas para satisfacer las necesidades de climatización de un edificio o local (Granados, 2003).

La carga térmica total de climatización de un local se halla a partir de la siguiente expresión:

$$Q_T = Q_s + Q_l \quad (2.1)$$

Donde:

Q_T : Carga térmica total de climatización (W)

Q_s : Carga térmica sensible (W)

Q_l : Carga térmica latente (W)

Con el objetivo de obtener la carga térmica total, calculo por separado las cargas térmicas sensibles y latentes (sumándolas al terminar).

2.2.1 Cálculo de la carga térmica sensible.

Se emplea la siguiente expresión para calcular la carga térmica sensible:

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sai} \quad (2.2)$$

Donde:

Q_{sr} : Carga sensible asociada a la radiación solar a través de las superficies acristaladas (W)

Q_{str} : Carga sensible asociada a la transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores (W)

Q_{st} : Carga sensible asociada a la transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores (W)

Q_{si} : Carga sensible asociada a infiltraciones de aire exterior (W)

Q_{sai} : Carga sensible asociada a aportaciones internas (W)

2.2.1.1 Carga sensible asociada a la radiación solar a través de las superficies acristaladas (Q_{sr}).

Debido a la radiación solar que atraviesa las superficies de cristal e inciden en el interior del local, calentándolo, y por ende, aumentando esta su temperatura interior. Esta se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_{sr} = A * R * F \quad (2.3)$$

Donde:

A: Superficie de cristal expuesta a la radiación solar (m^2)

R: Radiación solar que atraviesa la superficie correspondiente a la orientación y latitud del lugar considerado (W/m^2)

F: Factor de corrección de la radiación en función del tipo de vidrio empleado en la ventana, efectos de sombras que pueda existir, etc.

Este factor (F) se obtiene de la expresión:

$$F = F_s [(1 - FM) * gt + FM * 0,04 * U_M * \alpha] \quad (2.4)$$

Donde:

F_s : Factor de sombra del hueco o lucernario obtenido en función del dispositivo de sombra

FM: Fracción del hueco ocupada por el marco en el caso de ventanas o la fracción de parte maciza en el caso de puertas

gt: Factor solar de la parte semitransparente del hueco o lucernario

U_M : Transmitancia térmica del marco del hueco o lucernario ($W/m^2 K$)

α : Absortividad del marco obtenida en función de su color

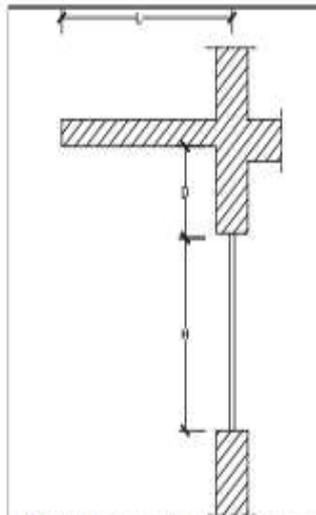
$$FM = A_{pared} - A_{ventana} \quad (2.5)$$

Donde:

A_{pared} y $A_{ventana}$: Área de la pared y área de las ventanas, respectivamente (m^2)

Estos términos se encuentran en las siguientes tablas; siendo escogidos los valores en estas según las características constructivas del local, tipos de marcos de ventanas, cristal, etc.

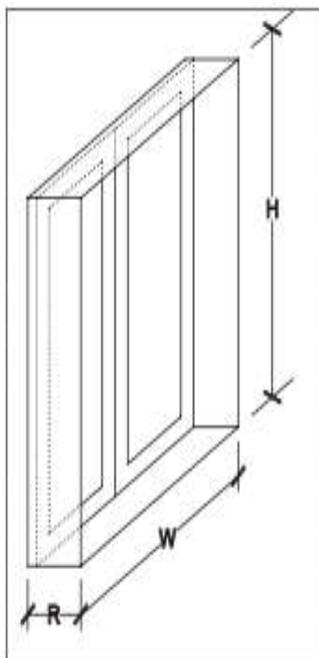
Tabla 2.1 Factor de sombra para obstáculos de fachada (F_s): Voladizo



NOTA: En caso de que exista un retranqueo, la longitud L se medirá desde el centro del acristalamiento.

ORIENTACIONES DE FACHADAS		$0,2 < L/H \leq 0,5$	$0,5 < L/H \leq 1$	$1 < L/H \leq 2$	$L/H > 2$
		S	$0 < D/H \leq 0,2$	0,82	0,50
$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,87		0,64	0,39	0,22
$D/H > 0,5$	0,93		0,82	0,60	0,39
SE/SO	$0 < D/H \leq 0,2$	0,90	0,71	0,43	0,16
	$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,94	0,82	0,60	0,27
	$D/H > 0,5$	0,98	0,93	0,84	0,65
E/O	$0 < D/H \leq 0,2$	0,92	0,77	0,55	0,22
	$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,96	0,86	0,70	0,43
	$D/H > 0,5$	0,99	0,96	0,89	0,75

Tabla 2.2 Factor de sombra para obstáculos de fachada (F_s): Retranqueo



ORIENTACIONES DE FACHADAS		$0,05 < R/W \leq 0,1$	$0,1 < R/W \leq 0,2$	$0,2 < R/W \leq 0,5$	$R/W > 0,5$
		S	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,82	0,74
$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,76		0,67	0,56	0,35
$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,56		0,51	0,39	0,27
$R/H > 0,5$	0,35		0,32	0,27	0,17
SE/SO	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,86	0,81	0,72	0,51
	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,79	0,74	0,66	0,47
	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,59	0,56	0,47	0,36
	$R/H > 0,5$	0,38	0,36	0,32	0,23
E/O	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,91	0,87	0,81	0,65
	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,86	0,82	0,76	0,61
	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,71	0,68	0,61	0,51
	$R/H > 0,5$	0,53	0,51	0,48	0,39

Tabla 2.3 Factor de sombra para obstáculos de fachada (F_s): Lamas

LAMAS HORIZONTALES		ANGULO DE INCLINACIÓN (β)		
		0	30	60
ORIENTACIÓN	SUR	0,49	0,42	0,26
	SURESTE/ SUROESTE	0,54	0,44	0,26
	ESTE/ OESTE	0,57	0,45	0,27

LAMAS VERTICALES		ANGULO DE INCLINACIÓN (α)						
		-60	-45	-30	0	30	45	60
ORIENTACIÓN	SUR	0,37	0,44	0,49	0,53	0,47	0,41	0,32
	SURESTE	0,46	0,53	0,56	0,56	0,47	0,40	0,30
	ESTE	0,39	0,47	0,54	0,63	0,55	0,45	0,32
	OESTE	0,44	0,52	0,58	0,63	0,50	0,41	0,29
	SUROESTE	0,38	0,44	0,50	0,56	0,53	0,48	0,38

NOTAS Los valores de factor de sombra que se indican en estas tablas han sido calculados para una relación D/L igual o inferior a 1.
El ángulo α debe ser medido desde la normal a la fachada hacia el plano de las lamas, considerándose positivo en dirección horaria.

En este caso en específico se utiliza la tabla 2.1, ya que debido a su disposición constructiva y tipo de ventana ofrece los valores necesarios (F_s) para el cálculo de la expresión (2.4).

Tabla 2.4 Factor solar de la parte semitransparente (g_t)

Tipo de vidrio		Factor
Vidrio ordinario simple		1
Vidrio de 6 mm		0,94
Vidrio Absorbente (% de absorción)	40-48	0,80
	48-56	0,73
	56-70	0,62
Vidrio doble ordinario		0,90
Vidrio de color:		
Azul oscuro		0,60
Rojo oscuro		0,56
Verde oscuro		0,32

Tabla 2.5 Absortividad del marco en función del color (α)

Color	Claro	Medio	Oscuro
Blanco	0,20	0,30	---
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	---
Negro	---	0,96	---

2.2.1.2 Carga sensible asociada a la transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores (Q_{str}).

Esta se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_{str} = U * A * (T_{ec} - T_i) \quad (2.6)$$

Donde:

U: Coeficiente global de transmisión térmica del cerramiento ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

A: Superficie del muro expuesta a la diferencia de temperatura (m^2)

T_{ec} : Temperatura exterior de cálculo al otro lado del local ($^\circ C$)

T_i : Temperatura interior de diseño ($^\circ C$)

Para la temperatura interior de diseño fijamos un valor pertinente para el local de acuerdo a las condiciones óptimas de trabajo de los equipos eléctricos presentes en el local, al igual que la humedad relativa, teniendo en cuenta también las estaciones del año. Para estos casos de locales eléctricos oscila la temperatura entre 20 y 25 $^\circ C$ y humedad relativa del 50 %.

A su vez la temperatura exterior de cálculo (T_{ec}) se calcula a partir de la temperatura media del mes más cálido del año (T_{me}) y la temperatura máxima del

mes más cálido del lugar donde se encuentra enclavado el local ($T_{m\acute{a}x}$), (estos valores se obtienen de los datos climatológicos expuestos al comenzar el capítulo), mediante la siguiente expresión:

$$T_e = 0,4 * T_{me} + 0,6 * T_{m\acute{a}x} \quad (2.7)$$

Entonces (T_{ec}) se calcula directamente a partir de T_e en las siguientes expresiones que tienen en cuenta la disposición del cerramiento en que este construido el local, la tabla 2.6 refleja la variación de esta temperatura según la orientación.

Tabla 2.6 Temperatura exterior de cálculo (T_{ec})

Orientación	Temperatura °C
Norte	$0,6 * T_e$
Sur	T_e
Este	$0,8 * T_e$
Oeste	$0,9 * T_e$
Cubierta	$T_e + 12$
Suelo	$(T_e + 15) / 2$
Paredes interiores	$T_e * 0,75$

El coeficiente global de transferencia de calor (U), se obtiene de las normas cubanas que aplican para los diferentes materiales de construcción y se muestra en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7 Coeficiente global de transferencia de calor para diferentes valores de distintos materiales de construcción.

Elementos constructivos	Espesor (mm)	U ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)
Ladrillo revestido por ambos lados	100	3,24
Ladrillos revestidos por ambos lados	150	2,50
Ladrillos revestidos por ambos lados	200	2,00
Bloque hueco de cerámica roja	150	1,90
Hormigón armado denso	150	3,55
Hormigón armado denso	200	3,18
Bloque hueco ligero revestido por ambos lados	200	2,30
Dry Wall	---	0,60

2.2.1.3 Carga sensible asociada a la transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores (Q_{st}).

Esta carga se determina a partir de la siguiente expresión:

$$Q_{st} = U * A(T_{ec} - T_i) \quad (2.8)$$

Donde:

U: Coeficiente global de transmisión térmica del cerramiento ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

A: Superficie del cerramiento interior (m^2)

T_{ec} : Temperatura exterior de cálculo al otro lado del cerramiento($^\circ C$)

T_i : Temperatura interior de diseño ($^\circ C$)

El valor de la temperatura exterior de cálculo (T_{ec}) se parte de la llamada temperatura del local que se encuentra continuo de este y que se encuentra climatizado (T_e). Esta se determina teniendo en cuenta la temperatura media del local (T_{me}) y la temperatura máxima ($T_{m\acute{a}x}$) del lugar, a partir de la expresión 2.7.

2.2.1.4 Carga sensible asociada a infiltraciones de aire exterior (Q_{si}).

Esta carga se determina a partir de la siguiente expresión:

$$Q_{si} = V * \rho * C_{e \text{ aire}} * \Delta T \quad (2.9)$$

Donde:

V: Caudal de aire infiltrado y de ventilación (m^3/s)

ρ : Densidad del aire (Kg/m^3)

$C_{e \text{ aire}}$: Calor específico del aire ($J/Kg \text{ } ^\circ C$)

ΔT : Diferencia de temperaturas entre el exterior e interior del local

De donde el caudal de aire infiltrado y de ventilación (V) se determina usando la siguiente expresión:

$$V = v * N \quad (2.10)$$

Donde:

v: Volumen del local (m³)

N: Número de renovaciones por hora (reno/ hora)

Estas renovaciones por hora se escogen de la siguiente tabla en dependencia del uso que se le da al local.

Tabla 2.8 Número de renovaciones a la hora, para cada tipo de establecimiento o local, según la norma DIN 1946.

Tipo de Local		Nº. Renovaciones de aire por hora
WC, inodoros	Privados	4-5
	Públicos	8-15
Aseos y baños		5-7
Duchas		15-25
Bibliotecas		4-5
Oficinas		4-8
Tintorerías		5-15
Cabinas de pintura		25-50
Garajes y parkings		5
Salas de decapado		5-15
Locales de acumuladores		5-10
Armarios roperos		4-6
Restaurantes y casinos		8-12
Industrias de Fundiciones		8-15
Remojos		70-80
Auditorios		6-8
Salas de cines y de teatros		5-8
Aulas		5-7
Salas de conferencias		6-8
Cocinas	Privadas	15-25
	Colectivas	15-30
Laboratorios		8-15
Locales de aerografías		10-20
Salas de fotocopias		10-15
Cuartos de máquinas		10-40
Talleres de montaje		4-8
Salas de laminación		8-12
Talleres de soldadura		20-30
Piscinas cubiertas		3-4
Despachos de reuniones		6-8
Cámaras blindadas		3-6
Vestuarios		6-8
Gimnasios		4-6
Tiendas y comercios		4-8
Salas de reuniones		5-10
Salas de espera		4-6
Lavanderías		10-20
	Alta alteración	10-20
Talleres	Poca alteración	3-6
		3-8
Habitaciones (hoteles...)		3-8
Iglesias modernas (techos bajos)		1-2
Oficinas de bancos		3-4
Cantinas (de industrias, militares)		4-6
Hospitales		5-6
Fábricas en general		5-10
Discotecas		10-12
Cafés		10-12
Restaurantes de comida rápida		15-18
Obradores de panadería		25-35

2.2.1.5 Carga sensible asociada a aportaciones internas (Q_{sai}).

Esta se determina a su vez como suma de las siguientes tipos de cargas que se generan dentro del espacio a climatizar, mediante la siguiente expresión:

$$Q_{sai} = Q_{sil} + Q_{sp} + Q_{se} \quad (2.11)$$

Donde:

Q_{sil} : Valor de la ganancia interna de carga sensible debida a la iluminación interior del local (W)

Q_{sp} : Ganancia interna de carga sensible debida a los ocupantes del local (W)

Q_{se} : Ganancia interna de carga sensible debida a los diversos aparatos existentes en el local, luminaria, ordenadores, entre otros (W)

Para la determinación de la carga sensible asociada a la iluminación (Q_{sil}), se tomara como consideración que toda la potencia de las lámparas para la iluminación se convertirá en calor sensible, afectándolo por 1,25 que representa el consumo de las reactancias. Determinándose esta mediante la siguiente expresión:

$$Q_{sil} = 1,25 * n * P \quad (2.12)$$

Donde:

n: Numero de lámparas fluorescentes

P: Potencia disipada por las lámparas (W)

Para la determinación de la carga sensible debida a los ocupantes del local (Q_{sp}), es primordial conocer que esta tiene una componente sensible y otra latente, debido ésta última tanto a la respiración como a la transpiración, para ambos casos habrá que tener en cuenta el número de ocupantes del local. Determinándose esta mediante la siguiente expresión:

$$Q_{sp} = n * C_{sp} \quad (2.13)$$

Donde:

n: Número de personas ocupantes del local

C_{sp} : Calor sensible por personas y actividad que esta realiza (Kcal/h)

La siguiente tabla muestra los valores para las dos componentes de esta carga, de acuerdo a diferentes actividades realizadas tomando en consideración algunas temperaturas de trabajo.

Tabla 2.9 Calor latente y sensible desprendido por persona según la actividad que realice.

Actividad realizada	28 °C		27 °C		26 °C		24 °C	
	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentado trabajo ligero	45	55	50	50	55	45	60	40
Oficinas o actividad ligera	45	70	50	65	55	60	60	50
Perona de pie	45	70	50	75	55	70	65	60
Trabajo ligero de taller	50	140	55	135	60	130	75	115
Persona que camina	55	160	60	155	70	145	85	130
Persona en trabajo duro.	115	250	120	250	125	245	130	230

Por ultimo para la determinación de la carga térmica asociadas a los aparatos eléctricos presentes en el local, también se tomara la consideración de que la potencia total de funcionamiento de las máquinas y equipos (en este caso eléctricos) presente en el espacio a climatizar se transformará en calor sensible. Determinándose esta mediante la siguiente expresión:

$$Q_{se} = 0,9 * W \quad (2.14)$$

Donde:

W: Potencia total de los equipos presentes en el local (W)

2.2.2 Calculo de la carga térmica latente.

Para la determinación de la carga térmica latente (Q_l) se emplea la siguiente expresión:

$$Q_l = Q_{li} + Q_{lp} \quad (2.15)$$

Donde:

Q_{li} : Carga latente asociada a las infiltraciones de aire exterior (W)

Q_{lp} : Carga latente asociada a las personas que ocupan el local (W)

Por lo tanto, al igual que realizamos con las diferentes componentes de la carga sensible asociada a diferentes factores; el cálculo de la carga latente se basa en la determinación de cada una de las cargas anteriores y posteriormente sumarlas para obtener la carga latente total.

2.2.2.1 Carga latente asociada a las infiltraciones de aire exterior (Q_{li}).

Esta carga se determina a partir de la siguiente expresión:

$$Q_{li} = V * \rho * C_{e\text{ agua}} * \Delta H \quad (2.16)$$

Donde:

V: Caudal de aire infiltrado y ventilación (m^3/s)

ρ : Densidad del aire (Kg/m^3) 1,18 Kg/m^3

$C_{e\text{ agua}}$: Calor específico del agua ($KJ/Kg\ ^\circ C$) 2,257 $KJ/Kg\ ^\circ C$

ΔH : Diferencia de humedad absoluta entre el ambiente exterior e interior.

2.2.2.2 Carga latente asociada a las personas que ocupan el local (Q_{lp}).

Esta carga se determina a partir de la siguiente expresión:

$$Q_{lp} = n * C_{lp} \quad (2.17)$$

Donde:

n: Número de personas que ocupan el local

C_{lp} : Calor latente por personas según la actividad realizada en el local (tabla 2.9)

CONCLUSIONES PARCIALES:

1. Conociendo las mayores fuentes de cargas térmicas en un local, independientemente el uso de este, donde las mayores fuentes de cargas como son entre otros; radiación y conducción a través de ventanas, calor desprendido por las luces, motores, equipos eléctricos y otros aparatos.
2. Con el objetivo de obtener la carga térmica total, se calcula por separado las cargas térmicas sensibles y latentes (sumándolas al terminar), teniendo en cuenta las diferentes componentes de estas.
3. La obtención de la carga térmica total constituye el principal factor a considerar en la selección del equipo de clima del Centro de Control de Motores.



CAPÍTULO 3



Capítulo 3: Resultados de los cálculos térmicos y selección de los equipos de clima del Centro de Control de Motores (CCM) del área de Materias Primas.

3.1 Características climatológicas principales.

Como características climáticas más notables es que al estar en una zona netamente tropical, sus temperaturas son notablemente altas la mayor parte del año, con meses muy húmedos y lluviosos a partir de finales de abril. Al estar situada en una zona llana es afectada por los sistemas de vientos locales, con brisas de valle y débiles brisas marinas, los vientos predominantes son los Alisios con componente este- noreste. En estas zonas de geografía llana en el centro interior del país se caracterizan por una menor cantidad de horas de brillo solar, también menor régimen de radiación y una oscilación marcada de la temperatura durante el día y la noche.

3.2 Principales indicadores del clima.

La zona en que se encuentra enclavada la empresa tiene como indicadores más significativos, brindados por los datos recogidos por la estación meteorológica de Canta Rana en el municipio de Cienfuegos como valores promedios de los últimos 5 años, arrojaron dichos datos:

- Temperatura media anual: 30 °C
- Temperatura máxima media: 34 °C
- Temperatura mínima media: 20°C
- Humedad relativa media: 80 %
- Humedad relativa máxima media: 95 %
- Humedad relativa mínima media: 52 %
- Humedad relativa media 1:00 pm: 58 %
- Velocidad del viento: 7,57 km/h
- Precipitaciones período poco lluvioso: 250 - 300 mm
- Precipitaciones período lluvioso: 1100 - 1200 mm

Podemos observar en estos datos, sobre todo por los altos niveles de temperatura, el por qué se desea climatizar el local objeto de estudio. Ya que con estos régimen de temperatura y humedad se hace difícil el correcto trabajo y funcionamiento de los equipos instalados en el local.

3.3 Características del espacio a climatizar.

El CCM (Centro de Control de Motores) del área de Materias Primas se encuentra situado en la zona de procesamiento de los materiales. En su interior se encuentran instaladas las pizarras de control de motores (8 en total) de 400 W (cada una), del área de Materias Primas, garantizando la correcta alimentación eléctrica para el trabajo de los diferentes motores encaminados a la tarea de esta área de la fábrica. Estas pizarras se encuentran en operación en una temperatura desfavorable en el local, siendo varios grados por encima de su temperatura óptima de trabajo (nunca mayor de 30°C). La figura 3.1 muestra el esquema constructivo del local así como la disposición de los paneles de control.

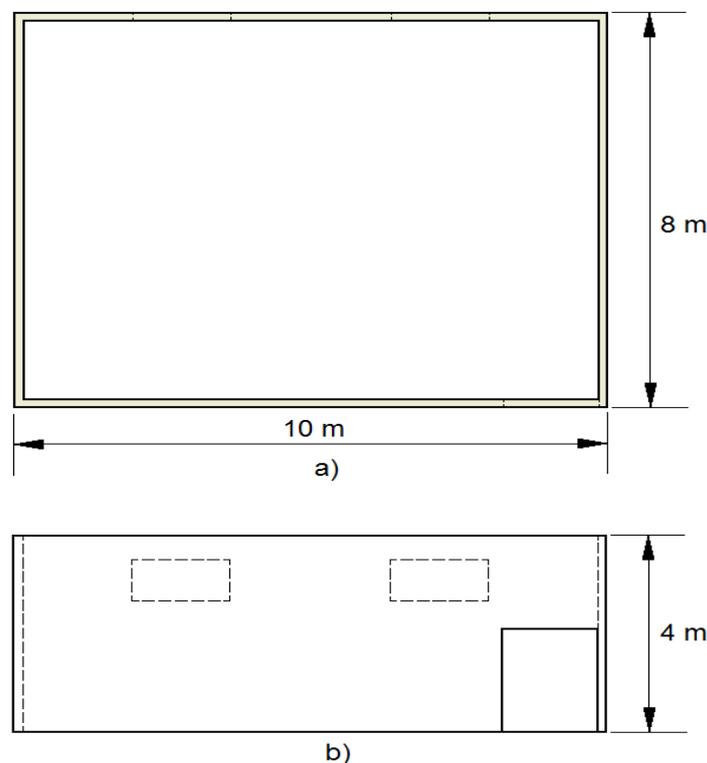


Figura 3.1 Esquema constructivo del local. a) vista superior b) vista frontal.

Es muy importante en el análisis de cargas térmicas tener presentes las características constructivas del local, como son superficie del local en metros cuadrados, dimensión de las puertas y ventanas y espesor de las paredes y techo del local, en otras que ayudaran a un mejor y más correcto resultados en los cálculos y con esto un mejor selección del o los equipos de climatización.

El local cuenta con una entrada de servicio con única puerta de madera, cuyas dimensiones son 2,10 x 1,60 m. Todo el local está construido con hormigón armado tanto las paredes, piso y techo. El piso es de hormigón con terminación sin recubrimiento de baldosa.

- Espesor de las paredes: 200 mm
- Espesor del techo: 200 mm
- Espesor del piso: 150 mm

Cuenta además con dos ventanas de cristal permitiendo que penetre la luz solar a su interior, contribuyendo con la iluminación en horas del día. Dichas ventanas se sitúan en la pared trasera del local, situadas hacia el sur.

- Dimensiones de las ventanas: 1650 x 850 mm

Los 8 paneles del CCM se encuentran distribuidos de manera uniforme en el local como muestra la figura. 3.1. El local recibe los rayos solares del este y parte de la tarde del oeste, al no tener grandes estructuras que le brinde protección de este.

3.4 Parámetros de diseño del local (CCM).

Después de la revisión de las variables climatológicas del local, también expuestas con anterioridad. Se utilizan como parámetros de diseños que garantizaran una correcta explotación de las pizarras automáticas instaladas en el local, equipos sensibles que demandan ciertos parámetros de trabajo por la complejidad de estos. Parámetros que deberán ser invariablemente brindados por los equipos de climatización empleados en el local:

- Temperatura interior: 20°C

- Humedad relativa: 50%

3.5 Temperatura exterior para el cálculo.

Esta temperatura, usada en cálculo de las diferentes cargas térmicas como T_{ec} , se calcula utilizando la expresión (2.7) con las temperaturas máximas y media del mes más cálido del año según las variables climatológicas:

$$T_e = 0,4 * 30 + 0,6 * 34$$

$$T_e = 32,4^{\circ}\text{C}$$

Entonces con la utilización de la tabla 2.6 de las temperaturas exterior de cálculo para las cargas térmicas sensibles; obtenemos los valores de temperatura para las diferentes ubicaciones constructivas del local:

- Sur: 32,40°C
- Norte: 19,44°C
- Este: 25,92°C
- Oeste: 29,16°C
- Interior: 24,30°C
- Suelo: 23,70°C

3.6 Cálculos de las cargas térmicas para la climatización del local.

De acuerdo con la metodología planteada en el capítulo anterior para la determinación de las cargas térmicas del local descrito, con el objetivo de determinar la demanda de frío del local. Para el cálculo se hace uso de la herramienta de Microsoft Office: Excel, la cual arrojará los resultados de las cargas que deberán disipar los equipos de clima instalados y posteriormente se realizará el cálculo económico-financiero para cometer la inversión pertinente atendiendo a factores más adelante expuestos.

Al exponer la metodología a emplear definiremos el orden de las diferentes componentes de la carga sensible y latente, trabajando con ellas de manera

individual y sumándolas al finalizar para obtener el valor de carga térmica total de climatización.

Para el cálculo de la carga sensible asociada a la radiación solar a través de las superficies acristaladas (Q_{sr}), se emplean las expresiones (2.3), (2.4) y (2.5), según las condiciones constructivas del local:

- Ventanas de vidrio ordinario simple ($gt=1$); tabla 2.4
- Marco de color amarillo claro ($\alpha=0,3$); tabla 2.5
- Radiación solar que atraviesa la superficie ($R=200 \text{ W/m}^2$); valor promedio que corresponde a la orientación, mes y ubicación de Cementos Cienfuegos S.A. (según el CITMA en estudios ambientales realizados)
- Coeficiente global en dependencia del material del marco de la ventana ($U_M=2,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$); valor según la norma cubana (NC 200-1)
- Área de ventanas según la geometría de estas (dos ventanas iguales), mostrada por la siguiente figura:

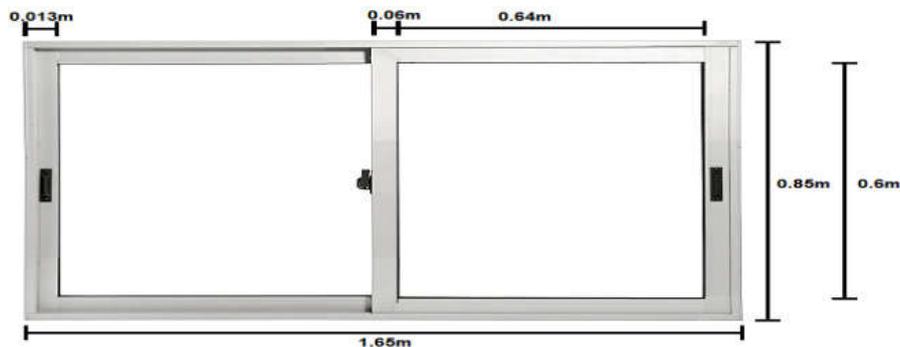


Figura. 3.2 Geometría y dimensiones de las ventanas del local.

- Fracción del Hueco ocupado por la ventana (FM) expresión (2.5); arroja los siguientes resultados según la orientación que presenta las diferentes paredes del local:

Tabla 3.1 Resultados de la Fracción de Hueco ocupado por la ventana y áreas de pared.

Orientación	Área de pared (m ²)	Área de ventana (m ²)	FM (m ²)
Norte	40	0	40
Sur	40	2,8	37,2
Este	32	0	32
Oeste	32	0	32

Según todos los datos y expresiones necesarias para el cálculo, el valor de la carga sensible asociada a la radiación solar a través de las superficies acristaladas (Q_{sr}) es:

$$Q_{sr} = 1\,570,6\text{ W}$$

Para el cálculo de la carga sensible asociada a la transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores (Q_{str}), se emplean las expresiones (2.6) y (2.7), según la disposición constructiva del local y tipo de material constructivo:

- Coeficiente global de transmisión térmica del cerramiento ($U=3,18\text{ W/m}^2\text{ °C}$); tabla 2.7.
- Temperatura exterior de cálculo al otro lado del local; expresión (2.7) y tabla 2.6 según la orientación constructiva.
- T_i : Temperatura interior de diseño ($T_i= 20\text{ °C}$); parámetros de diseño acordados.

Recopilando todos los datos y expresiones necesarias para el cálculo, el valor de la carga sensible asociada a la transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores (Q_{str}) es:

$$Q_{str} = 9\,279,8\text{ W}$$

Para el cálculo de la carga sensible asociada a la transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores (Q_{st}), se emplea la expresión (2.8), contemplando solo el suelo, al no contar el local con paredes ni techos interiores:

- Coeficiente global de transmisión térmica del piso ($U=3,55\text{ W/m}^2\text{ °C}$); tabla 2.7.

- Temperatura exterior de cálculo al otro lado del local; expresión (2.7) y tabla 2.6 según la orientación constructiva.
- T_i : Temperatura interior de diseño ($T_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$); parámetros de diseño acordados.

Atendiendo a las distintas variables y aclarando la no existencia de paredes, ni techos interiores, el valor de la carga sensible asociada a la transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores (Q_{st}) es:

$$Q_{st} = 1\ 050,7 \text{ W}$$

Para el cálculo de la carga sensible asociada a las infiltraciones de aire exterior (Q_{si}), se emplea la expresión (2.9):

- Caudal de aire infiltrado y de ventilación ($V = 0,71 \text{ m}^3/\text{s}$); a su vez debido a la expresión (2.10).
- Densidad del aire ($\rho = 1,18 \text{ Kg}/\text{m}^3$).
- Calor específico del aire ($C_{e \text{ aire}} = 1\ 012 \text{ J}/\text{Kg } ^\circ\text{C}$).
- Diferencia de temperaturas entre el exterior e interior del local, según tabla 2.6, en dependencia a la orientación constructiva del local.
- Volumen del local ($v = 320 \text{ m}^3$), según las dimensiones del local.
- Número de renovaciones por hora ($N = 8$ renovaciones por hora); según la tabla 2.8, escogiéndose según la destinación del local (en este caso como laboratorio eléctrico).

Con los datos anteriores, el valor de la carga sensible por infiltraciones de aire exterior (Q_{si}) es:

$$Q_{si} = 10\ 529,9 \text{ W}$$

La carga sensible por aportaciones internas (Q_{sai}), se calcula mediante la expresión (2.11), usando para sus diferentes componentes las expresiones (2.12), (2.13) y (2.14):

- Numero de lámparas fluorescentes, 6 lámparas dobles (n=12).
- Potencia disipada por las lámparas (40 W).
- Número de personas ocupantes del local (1 persona menos de 1 hora al día).
- C_{sp} : Calor sensible por personas y actividad que esta realiza $C_{sp} = 60$ Kcal/h); según la tabla 2.9, (en actividad ligera), aunque la temperatura de diseño de la climatización es 20°C , esto se traduce en una sobreestimación aceptable del valor final de la carga latente por ocupación.
- Potencia total de los equipos eléctricos presentes en el local (3 200W).

El total de esta carga, después de sumar todos sus componentes es:

$$Q_{sai} = 3\,540\text{ W}$$

La carga térmica sensible total calculado a partir de la expresión (2.2) tiene un valor de:

$$Q_s = 25\,970,2\text{ W}$$

En el caso de la carga térmica latente (Q_l), utilizamos la expresión (2.15), calculando igualmente sus componentes y sumándolas para obtener la carga latente total.

La carga térmica latente por infiltraciones de aire se calcula mediante la expresión (2.16):

- Caudal de aire infiltrado y de ventilación ($V = 0,71\text{ m}^3/\text{s}$); a su vez debido a la expresión (2.10).
- Densidad del aire ($\rho = 1,18\text{ Kg}/\text{m}^3$).
- Calor específico del agua ($2,258\text{ KJ}/\text{Kg}^{\circ}\text{C}$).
- Diferencia de humedades absolutas en función de las temperaturas y humedades relativas interiores ($\Delta H =$) y exteriores tomados de la tabla del anexo 1. (Para el interior 20°C y 50% humedad relativa y para el exterior $32,4^{\circ}\text{C}$ y 80% de humedad relativa).

Teniendo estos valores, el resultado de la carga térmica latente por infiltraciones de aire es:

$$Q_{li} = 32,3 \text{ W}$$

En el caso de la carga térmica latente por personas ocupando el local (Q_{lp}), se obtiene mediante la expresión (2.17):

- Número de personas ocupantes del local (1 persona menos de 1 hora al día).
- C_{sp} : Calor latente por personas y actividad que esta realiza $C_{lp} = 60 \text{ Kcal/h}$; según la tabla 2.9, en actividad ligera.

Por tanto el valor de esta carga es:

$$Q_{lp} = 60 \text{ W}$$

Entonces el valor total de la carga térmica latente es:

$$Q_l = 92,3 \text{ W}$$

El valor total de la carga térmica, teniendo todas sus componentes y sumándolas, del local de los CCM es de 26 062,5 W. Para la determinación de la capacidad del equipo de climatización se toma el valor calculado más un 5% de reserva (para cualquier variable de clima o de otra índole), por lo que el valor total a considerar es de 27 365,6 W, que equivalen a 93 316,8 Btu o 7,8 toneladas de refrigeración.

3.7 Selección de los equipos de climatización.

Para la selección de los equipos de clima, se analizaran propuestas acorde con la necesidad de frío del local y ajustándose a la carga térmica total generada por dicho espacio, en este caso el valor de la carga equivale a 8 toneladas de refrigeración por lo que arroja, según las dimensiones del local, a una mejor distribución del aire climatizado usando dos máquinas de clima de 4 toneladas cada una. En las propuestas analizadas a continuación se encuentran equipos de los más usados en nuestro país para estos fines.

3.8 Estudio económico.

Para la realización del estudio económico de la inversión se analizaron las variantes de suministros de equipos de clima de tres suministradores, las que fueron cotizadas por a la gerencia de compras de la empresa y que se muestran en la tabla 3.3 y tabla 3.4.

La climatización de los locales de los CCM del área Materias Primas representa una mejora tecnológica de operaciones ya que producirá una sensible disminución de los costos de producción debido a la disminución de las pérdidas por fallos del sistema automático, con afectaciones económicas debido al tiempo de parada de las instalaciones de producción y los mantenimientos.

Para la rehabilitación de los equipos de clima principal fueron licitadas varias firmas suministradoras de equipamiento, en el análisis para la selección de la oferta final se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos técnicos y económicos:

- Costo del equipamiento.
- Forma de pago.
- Tiempo de entrega.
- Garantías.
- Procedencia.
- Modificaciones civiles.
- Piezas de repuestos.
- Costos de mantenimiento.
- Tasa de fallo.

Finalmente fueron licitadas las firmas Hitachi, Goodman y Prestige, los precios acordados se muestran en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Relación de equipos licitados.

EQUIPO	CAPACIDAD	SUMINISTRADOR	COSTO [USD]
Consola Hitachi	8 t	CTS	7000.00
SPLIT PRESTIGE	4 t	CPEXTEL	1331.00
Consola Goodman	2 t	Gonio	800.00

En general la inversión consta de 2 equipos de 4 t, 8t en total, para predeterminar el costo de la se tuvieron en cuenta los siguientes elementos:

- Costo del equipamiento, aranceles a la importación, cargo por almacenaje en puerto, acondicionamiento necesario para los trabajos de desmontajes de la instalación vieja y el montaje de la nueva instalación, rehabilitación del interior del local donde será instalado, alquiler de mano de obra y equipos y el monto de imprevistos. los montos para cada concepto son relacionados en la tabla 3.2.
- La vida útil del proyecto es de 5 años ya que es el tiempo establecido por el fabricante. la depreciación se hace por el método lineal con una tasa del 6% anual.
- La tasa de descuento es del 10% según se establece en la empresa.

En el pronóstico de los flujos de caja del proyecto se consideraron los siguientes aspectos:

- Los niveles de consumo eléctrico previstos en el futuro del nuevo y viejo equipamiento.
- Proyección anual de los flujos de caja.
- La empresa dispone íntegramente de la depreciación ya que es propiedad de los activos.
- El cargo anual por concepto de depreciación
- Se proyectaron las entradas por concepto de disminución de los costos asociados a las pérdidas, al consumo de energía en la instalación y a los mantenimientos sin la inversión.

Para la realización de los análisis de la inversión se tomó la tasa de descuento del 10% establecido por la junta de accionistas de Cementos Cienfuegos S.A. para las inversiones y se realizó una proyección hasta un 15% según se establece en nuestro país, para la determinación de los perfiles del VAN.

Las entradas están asociadas a los ahorros por concepto de eliminación de las pérdidas con y sin la instalación de los nuevos climas. Las salidas están dadas por concepto de gastos de mantenimiento, depreciación, fuerza de trabajo y energéticos.

En su totalidad los flujos de caja son positivos, lo que evidencia la eficiencia y eficacia del nuevo equipamiento a instalar. Los resultados de los indicadores principales de presupuesto para la inversión analizada en este trabajo, aparece en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Montos financieros de la inversión.

COSTOS	USD	año	1	2	3	4	5
COSTOS DE PRODUCCION VARIABLES							
CONSUMO ENERGIA TOTAL			8356.2	8356.2	8356.2	8356.2	8356.2
TOTAL COST. PROD. VAR.			8356.2	8356.2	8356.2	8356.2	8356.2
COSTOS DE PRODUCCION FIJOS							
MANTENIMIENTO			230	232	235	237	239
SALARIOS DIRECTOS			41.8	41.8	41.8	41.8	41.8
IMP. SALAR + SEG. SOC	0.25%		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
GASTOS ADMINIST.			2	2	2	2	2
TOTAL COST. PROD. FIJOS			274	276	279	281	283
DEPRECIACION	6%		159.72	79.86	79.86	79.86	79.86
TOTAL COSTOS NUEVO	+1%		7500.0	7575.0	7650.8	7727.3	7804.5
TOTAL COSTOS ACTUAL	x año		8789.8	8712.3	8714.6	8716.9	8719.3
FLUJO DESPUES DE IMPUESTOS			1289.8	2600.7	2600.7	2600.7	2600.7
FLUJO DE CAJA							
GANANCIA NETA			1289.8	1137.3	1063.9	989.7	914.8
- INVERSION		2662					
FLUJO NET CAPITAL			1289.8	1137.3	1063.9	989.7	914.8
FC DESCONTADO	1%		1277.1	1114.9	1032.6	951.1	870.4

Tabla 3.3 Resultados del cálculo de los indicadores de financiación.

Valor actual neto					
Año	Flujo Caja	PRI real	FC descontados	PRI desc	Fc descontado 15%
0	-2,662.00	- 2,662.00	-2,662.00	-2,662.00	-2,662.00
1	1289.8	- 1,372.16	1,277.07	-1,384.93	1,121.60
2	1137.3	-234.88	1,114.87	-270.06	859.95
3	1063.9	828.97	1,032.56	762.50	699.50
4	989.7	0.47	951.07	0.26	565.86
5	914.8	2a; 7 meses	870.39	2a; 10meses	454.81
VAN	2,733.44		2,583.96		1,039.71
TIR	31.7%				

La Tabla 3.4 muestra la relación costo beneficio que se obtiene al aplicar el nuevo sistema de climatización.

Tabla 3.4 Evaluación costo beneficio

INVERSIÓN	=	2662 USD
BENEFICIO	=	5245 USD
C/B	=	1.97 USD

3.9 Impacto Ambiental.

La sustitución del equipamiento de climatización del local de los CCM constituye una acción de producción más limpia ejecutada en la empresa por cuanto la nueva tecnología instalada no emplea gases agotadoras de la capa de ozono de los tipos CFC con Potencial de Destrucción de la Capa de Ozono ODP=1 , al utilizar R-410a con ODP =0.05

Al propio tiempo la sensible disminución del consumo energético (25%) del nuevo equipamiento respecto al anterior produce además una disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero asociada al proceso de combustión en las plantas de generación de la red nacional la que en la actualidad mantiene una tasa de emisión de 0.84 tCO₂/MWe.

CONCLUSIONES PARCIALES:

1. Aplicando la metodología para el cálculo de cargas térmicas, arrojaron un valor total de 27 365,6 W, que equivalen a 93 316,8 Btu o 7,8 toneladas de refrigeración, para la climatización eficiente del mundial, teniendo que emplear para una mejor distribución del aire climatizado dos equipos (SPLIT) de la marca PRESTIGE de 4 toneladas de refrigeración cada uno.
2. Dichos equipos (SPLIT), representan una alternativa económica para los valores del mercado mundial, teniendo un valor total de la inversión de 2662 USD.
3. Este uso de equipos que usan refrigerantes verdes, o refrigerantes de bajo PCA como el R-407c, el R-134a y el R-410a (este último es el utilizado en los equipos seleccionados).

CONCLUSIONES GENERALES

1. La revisión de la bibliografía realizada en esta investigación sobre los diferentes sistemas de refrigeración y equipos de refrigeración podrá ser utilizada por otros estudiantes como parte de investigaciones y trabajos futuros del tema.
2. Los resultados del trabajo garantiza que la instalación del sistema de climatización calculado para el local del Centro de Control de Mando (CCM) del área de Materias Primas, mantenga las condiciones ambientales y de temperatura establecidas.
3. Los indicadores de rentabilidad VAN (2,733.44 USD) y TIR (31.7%), demuestran su factibilidad económica.
4. El período de recuperación de la inversión es de 2 años y 10 meses, lo que representa un 33 % del tiempo que como máximo se establece en el país para la recuperación del desembolso inicial de la inversión (8.02 años), el 50 % del establecido por la compañía (5 años) y el 25 % de la vida útil de la inversión, por lo que es un proyecto de rápida recuperación.
5. La sustitución del equipamiento de climatización del local de los CCM constituye una acción de producción más limpia ejecutada en la empresa por cuanto la nueva tecnología instalada no emplea gases agotadores de la capa de ozono de los tipos CFC.

RECOMENDACIONES

1. La utilización de esta metodología descrita, para aplicarse por parte de la empresa para determinar las necesidades de climatización del resto de los locales que aún mantienen equipos de climatización de tecnología obsoleta para la justificación de nuevas inversiones de sustitución.
2. La Dirección Técnica de la empresa podrá valorar la factibilidad de utilizar equipos de clima de menor capacidad para su instalación en el local siempre y cuando sea cubierta la carga térmica total determinada en este trabajo.
3. La justificación técnica económica de la inversión para equipos de clima debe considerar dentro de los indicadores para determinar los flujos de cajas el ahorro en el consumo eléctrico por cuanto constituye un requisito fundamental en los equipos que se comercializan actualmente.

BIBLIOGRAFÍA

Autores, C. d. (s.f.). El Instalador Diseño de un Sistema de Climatización que Consiga la Convivencia entre Fumadores y No Fumadores.

Autores, C. d. (s.f.). Temas avanzados de refrigeración y acondicionamiento del aire. Universo Sur.

Autores, P. G. (1994). Energía y desarrollo sostenible. La Habana: Política.

C: Group. (s.f.). Manual de aire acondicionado.

Clasificación. (2006). Obtenido de <http://www.maquinariapro.com/sistemas/>

Clasificación. (2006). Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/categoria/sectores/>

“Climatización Industrial,”. (2011). Obtenido de <http://hdl.handle.net/10016/13301>

“Cómo evitar la corrosión en salas eléctricas,”. (2011). Obtenido de <http://blog.misoficinas.es/tag/oficinas/>

Definición de cargas térmicas. (2005). Obtenido de <http://www.htm#seccion2>

Diferentes sistemas de climatización. (15 de marzo de 2014). Obtenido de <http://sacyv.com/nuestro-blog/el-mejor-sistema-de-climatizacion/>

Granados, J. (2003). Manual de Cálculo de Cargas Térmicas.

Historia del aire acondicionado. (2011). Obtenido de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:pAMAoHIPQj4Jhttpswww.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/146295/Cap1.doc+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=cu>

Historia del aire acondicionado. (2011). Obtenido de <http://www.elaireacondicionado.com/>

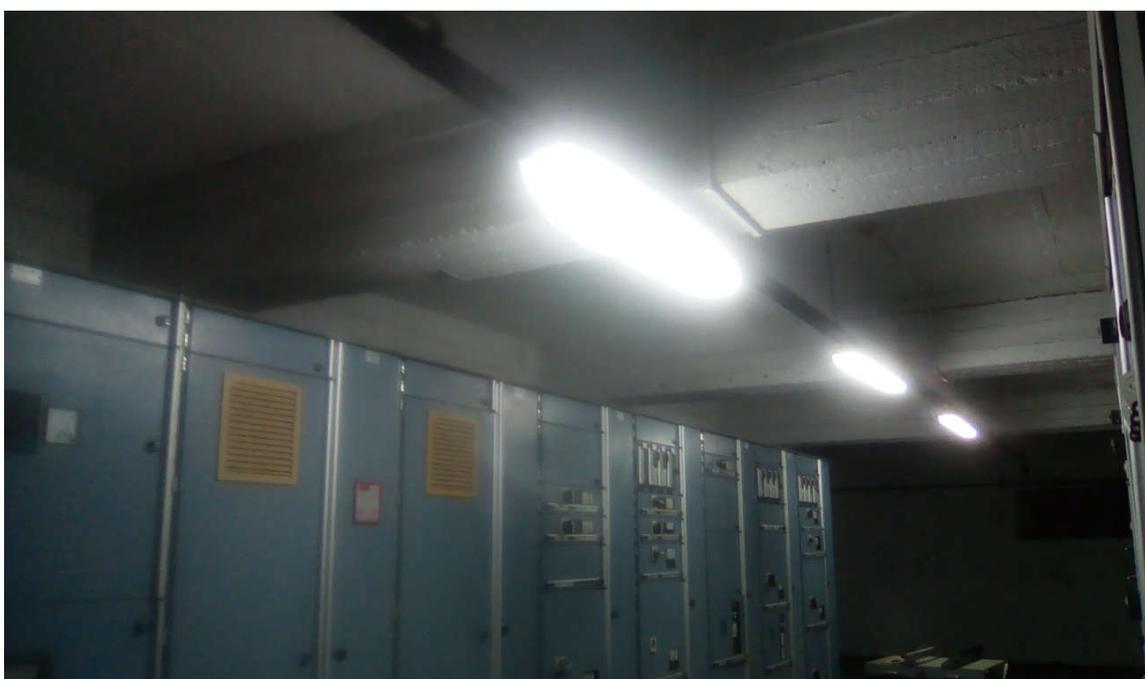
- J., F. (s.f.). Análisis y selección de sistemas de aire acondicionado. York: Clima Roca.
- Martínez, O. D. (2011). Cálculos Verificativos del Sistema de Climatización del Teatro de Actos de la Empresa Termoeléctrica.
- Mora García, D. (2010). Aplicación de un procedimiento para la evaluación de inversiones dirigidas a la rehabilitación del sistema de tratamiento de residuales líquidos en la Empresa Azucarera 5 de septiembre. Tesis de Diploma, Universidad, Cienfuegos.
- Moreno, J. (2007). Las Finanzas en la Empresa. Información, análisis, recursos y planeación, La Habana: Félix Varela.
- Paredes, P. D. (2006). La evaluación de proyectos y los principales estados financieros. Retrieved from www.monografías.com.
- Pérez Mayedo, H., Pérez Molina, G.&Bruzeta Segura, J. (2010). Evaluación financiera de un proyecto de inversión en la Empresa Nacional de Software Desoft División Las Tunas. Retrieved from <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2010/mms.htm>.
- Realey, R & Myers, S, (2006). Fundamentos de Financiación Empresarial en tres partes. La Habana: Félix Varela.
- Reid, M. A. (2009). Análisis De La Carga Térmica En Las Edificaciones Con Herramientas De Simulación Computacional.
- Rodríguez Sandías, A., (2004). Análisis y Valoración de Proyectos
- Stocker, W. (1987). Refrigeración y acondicionamiento de aire. LA Habana: Edición Revolucionaria.
- Torres, M. (2008). Análisis del Aislamiento Térmico de un Edificio mediante el uso de Sistemas Dinámicos.

ANEXOS

Anexo 1: Tabla de humedades relativas.

Temp. de bulbo seco en °C	Presión del vapor en Pa	Vol. específico de vapor en m³/kg	Vol. específico de aire en m³/kg	Humedad relativa (HR)																			
				5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
				Humedad absoluta en g/kg																			
-25	63,29	1811,43	0,7023	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39
-20	103,26	1132,63	0,7165	0,03	0,06	0,10	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,29	0,32	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63
-15	165,30	721,51	0,7308	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,36	0,41	0,46	0,51	0,56	0,61	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91	0,97	1,02
-10	259,90	467,78	0,7450	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48	0,56	0,64	0,72	0,80	0,88	0,96	1,04	1,12	1,20	1,28	1,36	1,44	1,52	1,60
-9	283,93	429,81	0,7478	0,09	0,17	0,26	0,35	0,44	0,52	0,61	0,70	0,79	0,87	0,96	1,05	1,13	1,22	1,31	1,40	1,48	1,57	1,66	1,75
-8	309,98	395,18	0,7507	0,10	0,19	0,29	0,38	0,48	0,57	0,67	0,76	0,86	0,95	1,05	1,14	1,24	1,33	1,43	1,53	1,62	1,72	1,81	1,91
-7	338,19	363,59	0,7535	0,10	0,21	0,31	0,42	0,52	0,62	0,73	0,83	0,94	1,04	1,14	1,25	1,35	1,46	1,56	1,67	1,77	1,87	1,98	2,08
-6	368,74	334,72	0,7563	0,11	0,23	0,34	0,45	0,57	0,68	0,79	0,91	1,02	1,13	1,25	1,36	1,47	1,59	1,70	1,82	1,93	2,04	2,16	2,27
-5	401,76	308,36	0,7592	0,12	0,25	0,37	0,49	0,62	0,74	0,86	0,99	1,11	1,24	1,36	1,48	1,61	1,73	1,86	1,98	2,10	2,23	2,35	2,48
-4	437,47	284,24	0,7620	0,13	0,27	0,40	0,54	0,67	0,81	0,94	1,08	1,21	1,35	1,48	1,62	1,75	1,89	2,02	2,16	2,29	2,43	2,56	2,70
-3	476,06	262,17	0,7649	0,15	0,29	0,44	0,59	0,73	0,88	1,02	1,17	1,32	1,46	1,61	1,76	1,91	2,05	2,20	2,35	2,49	2,64	2,79	2,94
-2	517,73	241,97	0,7677	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,95	1,11	1,27	1,43	1,59	1,75	1,91	2,07	2,23	2,39	2,55	2,71	2,87	3,03	3,19
-1	562,67	223,46	0,7705	0,17	0,35	0,52	0,69	0,86	1,04	1,21	1,38	1,56	1,73	1,91	2,08	2,25	2,43	2,60	2,78	2,95	3,12	3,30	3,47
0	611,15	206,49	0,7734	0,19	0,38	0,56	0,75	0,94	1,13	1,32	1,50	1,69	1,88	2,07	2,26	2,45	2,64	2,83	3,02	3,21	3,39	3,58	3,77
1	657,10	192,75	0,7762	0,20	0,40	0,61	0,81	1,01	1,21	1,41	1,62	1,82	2,02	2,23	2,43	2,63	2,84	3,04	3,24	3,45	3,65	3,86	4,06
2	706,00	180,06	0,7791	0,22	0,43	0,65	0,87	1,09	1,30	1,52	1,74	1,96	2,17	2,39	2,61	2,83	3,05	3,27	3,49	3,71	3,92	4,14	4,36
3	758,00	168,31	0,7819	0,23	0,47	0,70	0,93	1,17	1,40	1,63	1,87	2,10	2,34	2,57	2,80	3,04	3,27	3,51	3,74	3,98	4,22	4,45	4,69
4	813,50	157,40	0,7848	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,26	2,51	2,76	3,01	3,26	3,52	3,77	4,02	4,27	4,53	4,78	5,03
5	872,50	147,28	0,7876	0,27	0,54	0,80	1,07	1,34	1,61	1,88	2,15	2,42	2,69	2,96	3,23	3,50	3,77	4,04	4,31	4,59	4,86	5,13	5,40
6	935,30	137,89	0,7904	0,29	0,57	0,86	1,15	1,44	1,73	2,02	2,31	2,59	2,88	3,17	3,46	3,75	4,05	4,34	4,63	4,92	5,21	5,50	5,79
7	1 002,0	129,17	0,7933	0,31	0,62	0,92	1,23	1,54	1,85	2,16	2,47	2,78	3,09	3,40	3,71	4,02	4,34	4,65	4,96	5,27	5,59	5,90	6,21
8	1 072,8	121,08	0,7961	0,33	0,66	0,99	1,32	1,65	1,98	2,31	2,65	2,98	3,31	3,64	3,98	4,31	4,64	4,98	5,31	5,65	5,98	6,32	6,66
9	1 148,1	113,54	0,7990	0,35	0,71	1,06	1,41	1,77	2,12	2,48	2,83	3,19	3,54	3,90	4,26	4,61	4,97	5,33	5,69	6,05	6,41	6,77	7,13
10	1 228,0	106,53	0,8018	0,38	0,75	1,13	1,51	1,89	2,27	2,65	3,03	3,41	3,79	4,17	4,56	4,94	5,32	5,71	6,09	6,47	6,86	7,24	7,63
11	1 312,7	100,01	0,8046	0,40	0,81	1,21	1,62	2,02	2,43	2,83	3,24	3,65	4,06	4,46	4,87	5,28	5,69	6,10	6,51	6,93	7,34	7,75	8,16
12	1 402,6	93,93	0,8075	0,43	0,86	1,29	1,73	2,16	2,59	3,03	3,46	3,90	4,33	4,77	5,21	5,65	6,09	6,53	6,96	7,41	7,85	8,29	8,73
13	1 497,8	88,26	0,8103	0,46	0,92	1,38	1,84	2,31	2,77	3,23	3,70	4,17	4,63	5,10	5,57	6,03	6,50	6,97	7,44	7,91	8,39	8,86	9,33
14	1 498,7	88,52	0,8132	0,46	0,92	1,38	1,85	2,31	2,77	3,24	3,70	4,17	4,63	5,10	5,57	6,04	6,51	6,98	7,45	7,92	8,39	8,86	9,34
15	1 705,5	78,06	0,8160	0,52	1,05	1,57	2,10	2,63	3,16	3,69	4,22	4,75	5,28	5,81	6,35	6,88	7,42	7,95	8,49	9,03	9,57	10,10	10,60
16	1 818,4	73,46	0,8188	0,56	1,12	1,68	2,24	2,80	3,37	3,93	4,50	5,06	5,63	6,20	6,77	7,34	7,91	8,49	9,06	9,63	10,20	10,80	11,40
17	1 938,0	69,17	0,8217	0,60	1,19	1,79	2,39	2,99	3,59	4,19	4,80	5,40	6,01	6,61	7,22	7,83	8,44	9,05	9,66	10,30	10,90	11,50	12,10
18	2 064,3	65,16	0,8245	0,63	1,27	1,91	2,54	3,18	3,82	4,47	5,11	5,75	6,40	7,05	7,70	8,35	9,00	9,65	10,30	11,00	11,60	12,30	12,90
19	2 197,8	61,41	0,8274	0,68	1,35	2,03	2,71	3,39	4,07	4,76	5,44	6,13	6,82	7,51	8,20	8,89	9,59	10,30	11,00	11,70	12,40	13,10	13,80
20	2 338,8	57,91	0,8302	0,72	1,44	2,16	2,88	3,61	4,34	5,07	5,80	6,53	7,26	8,00	8,73	9,47	10,20	11,00	11,70	12,40	13,20	13,90	14,70
21	2 487,7	54,63	0,8330	0,76	1,53	2,30	3,07	3,84	4,62	5,39	6,17	6,95	7,73	8,51	9,30	10,10	10,90	11,70	12,50	13,30	14,10	14,90	15,70
22	2 644,8	51,56	0,8359	0,81	1,63	2,44	3,26	4,09	4,91	5,73	6,56	7,39	8,22	9,06	9,90	10,70	11,60	12,40	13,30	14,10	15,00	15,80	16,70
23	2 810,4	48,68	0,8387	0,86	1,73	2,60	3,47	4,34	5,22	6,10	6,98	7,86	8,75	9,64	10,50	11,40	12,30	13,20	14,10	15,00	15,90	16,80	17,70
24	2 985,1	45,99	0,8416	0,92	1,84	2,76	3,69	4,61	5,55	6,48	7,42	8,36	9,30	10,20	11,20	12,10	13,10	14,10	15,00	16,00	16,90	17,90	18,90
25	3 169,2	43,46	0,8444	0,97	1,95	2,93	3,92	4,90	5,89	6,88	7,88	8,88	9,88	10,90	11,90	12,90	13,90	14,90	16,00	17,00	18,00	19,00	20,10
26	3 363,1	41,10	0,8472	1,03	2,07	3,11	4,16	5,20	6,26	7,31	8,37	9,43	10,50	11,60	12,60	13,70	14,80	15,90	17,00	18,10	19,20	20,30	21,40
27	3 567,3	38,87	0,8501	1,10	2,20	3,30	4,41	5,52	6,64	7,76	8,88	10,00	11,10	12,30	13,40	14,60	15,70	16,90	18,00	19,20	20,40	21,50	22,70
28	3 782,2	36,79	0,8529	1,16	2,33	3,50	4,68	5,86	7,04	8,23	9,43	10,60	11,80	13,00	14,20	15,50	16,70	17,90	19,10	20,40	21,60	22,90	24,10
29	4 008,3	34,83	0,8558	1,23	2,47	3,71	4,96	6,21	7,47	8,73	10,00	11,30	12,60	13,80	15,10	16,40	17,70	19,00	20,30	21,60	23,00	24,30	25,60
30	4 246,0	32,99	0,8586	1,31	2,62	3,93	5,26	6,58	7,92	9,26	10,60	12,00	13,30	14,70	16,00	17,40	18,80	20,20	21,60	23,00	24,40	25,80	27,20
31	4 495,9	31,25	0,8614	1,38	2,77	4,17	5,57	6,98	8,39	9,81	11,20	12,70	14,10	15,60	17,00	18,50	19,90	21,40	22,90	24,40	25,90	27,40	28,90
32	4 758,5	29,63	0,8643	1,46	2,93	4,41	5,90	7,39	8,89	10,40	11,90	13,40	15,00	16,50	18,00	19,60	21,10	22,70	24,30	25,90	27,40	29,00	30,60
33	5 034,3	28,10	0,8671	1,55	3,11	4,67	6,24	7,82	9,41	11,00	12,60	14,20	15,80	17,50	19,10	20,80	22,40	24,10	25,70	27,40	29,10	30,80	32,50
34	5 323,9	26,65	0,8700	1,64	3,29	4,94	6,61	8,28	9,96	11,70	13,40	15,10	16,80	18,50	20,20	22,00	23,70	25,50	27,30	29,10	30,90	32,70	34,50
35	5 627,8	25,30	0,8728	1,73	3,47	5,23	6,99	8,76	10,50	12,30	14,10	15,90	17,80	19,60	21,40	23,30	25,20	27,00	28,90	30,80	32,70	34,60	36,60
36	5 946,6	24,02	0,8756	1,83	3,67	5,52	7,39	9,26	11,10	13,00	15,00	16,90	18,80	20,70	22,70	24,70	26,60	28,60	30,60	32,70	34,70	36,70	38,80
37	6 281,0	22,81	0,8785	1,93	3,88	5,84	7,81	9,79	11,80	13,80	15,80	17,80	19,90	22,00	24,00	26,10	28,20	30,30	32,50	34,60	36,80	38,90	41,10
38	6 631,2	21,68	0,8813	2,04	4,10	6,17	8,25	10,30	12,50	14,60	16,70	18,90	21,00	23,20	25,40	27,60	29,90	32,10	34,40	36,60	38,90	41,20	43,60

Anexo 2: Equipos presentes en el local.



Anexo 3: Plano isométrico del local.

