

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN



# **ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS PARA LA SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE**

**(CENTRO COMERCIAL)**

**T E S I S I N A**

**QUE PARA OPTAR POR EL DIPLOMA DE ESPECIALISTA EN COSTOS  
EN LA CONSTRUCCIÓN**

**PRESENTA:           ING. JOSÉ CRISPÍN TAPIA MEJIA**

**ASESOR:             ING. JUAN ROBERTO GARCÍA SÁNCHEZ**

NAUCALPAN EDO. DE MEX.

03 DE NOVIEMBRE DE 2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mi Esposa e hija.**

**Por entender mis caprichos, locuras e inquietudes de querer superarme día a día junto a ellas.**

**A mi familia.**

**Por apoyarme incondicionalmente en todo momento de mi vida.**

**A la FES ACATLÁN.**

**Por darme la gran oportunidad de poder adquirir nuevos conocimientos.**

**A mis Asesores.**

**Un agradecimiento especial, por su valiosa aportación y dedicación, sin la cual, no hubiera sido posible la realización de esta trabajo.**

**A mis Amigos.**

**Por permitirme ser su amigo y el haber compartido buenos y malos momentos de la vida.**

**A Dios.**

**Por permitirme vivir día a día.**

# **ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS PARA LA SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE**

**(CENTRO COMERCIAL)**

# ÍNDICE

	PAG.
PROPÓSITO.	2
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVO PARTICULAR	4
ÍNDICE	5
SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	6
INTRODUCCIÓN	6
ANTECEDENTES	7
DEFINICIÓN	8
PARÁMETROS QUE CONTROLA	8
APLICACIONES	8
FORMAS DE TRANSMISIÓN DE CALOR	9
EL BALANCE TÉRMICO	9
SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	11
ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE SELECCIÓN DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	16
ANTECEDENTES	16
NORMAS Y REGLAMENTOS	16
CONDICIONES	18
DESARROLLO	19
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	19
MATERIAL Y EQUIPO MÁS FRECUENTEMENTE USADO EN INSTALACIONES DE AIRE ACONDICIONADO	26
ERRORES MÁS COMUNES EN INSTALACIONES DE AIRE ACONDICIONADO	28
BIBLIOGRAFÍA	29

## **PROPÓSITO**

EL PROPÓSITO DE ESTE TRABAJO, ES MOSTRAR AL LECTOR UN PANORAMA DE LAS INSTALACIONES DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE, LOS DIFERENTES TIPOS, SUS VENTAJAS, SU SELECCIÓN. YA QUE EL USO DE ESTOS SISTEMAS, SON NECESARIOS EN CIERTOS LUGARES PÚBLICOS Y PRIVADOS, PARA CONFORT DE LOS SERES HUMANOS O BIEN PARA REALIZAR CIERTOS PROCESOS INDUSTRIALES, LA SELECCIÓN DE UN CORRECTO SISTEMA DE AIRE, REPERCUTIRÁ DIRECTAMENTE EN EL COSTO DE DICHA INSTALACIÓN.

## **OBJETIVO GENERAL**

SE MOSTRARA AL LECTOR LOS DIFERENTES TIPOS QUE SE TIENEN DE SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN LOS CUALES SE ANALIZAN SUS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UNOS CON RESPECTO A OTROS PARA FINALMENTE SELECCIONAR EL QUE MAS LE CONVenga AL CLIENTE EN COSTO, TIEMPO Y SATISFACCIÓN.

## **OBJETIVO PARTICULAR**

EL ANALIZAR CADA UNO DE LOS SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE PARA UN ÁREA DE VENTAS DE UN CENTRO COMERCIAL, EN EL CUAL LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CADA UNO DE LOS SISTEMAS TANTO TÉCNICAS COMO ECONÓMICAS, JUEGAN UN PAPEL IMPORTANTE EN LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA

# SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

## INTRODUCCIÓN.

Durante miles de años, el ser humano ha tratado de vencer las incomodidades o adversidades que se le han presentado, causadas por la naturaleza misma, con el objeto de proporcionar mejores estados psíquicos y físicos para el desarrollo pleno de sus facultades.

Una de estas limitaciones contra la cual ha luchado, es su atmósfera que le rodea; debido a que este planeta existen diferentes climas originados por la diferencia de latitudes, altitudes y las estaciones del año.

En consecuencia se han desarrollado diferentes técnicas para lograr mayor comodidad. En la actualidad se emplean diferentes equipos para suministrar a cierto local aire y adaptar a las condiciones necesarias o requeridas para comodidad de sus ocupantes o para realizar con eficiencia un determinado proceso industrial.

Además de realizar un cálculo térmico y una vez conocida la cantidad de calor por remover o reponer en el local, se podrá seleccionar el equipo necesario para tratar el aire y con esto cumplir con su objetivo

## ANTECEDENTES

Desde hace largo tiempo el hombre conoce los beneficios de la nieve, el hielo y el agua fría para conservar sus alimentos. Con todo esto, solo desde los modernos adelantos de la refrigeración mecánica, ha encarado el problema de acrecentar su confort personal, de ahí el advenimiento del aire acondicionado.

Uno de los primeros esfuerzos para iniciar la ventilación mecánica se intento al resolver el problema de ventilación en las minas. La expresión de AIRE ACONDICIONADO se le acredita a S. W. Cramer que alrededor de 1907 presento material de control de humedad para la industria textil, fue así como tuvo sus principios en la industria donde los productos eran afectados por la humedad y la temperatura.

El aire acondicionado fue reconocido como una rama de la ingeniería a partir de 1911 cuando la sociedad americana de ingenieros mecánicos (la A.S.M.E.) designo al Dr. Willy H. Carrier para que preparara el material del tema, así las formulas y suposiciones llegaron a ser la autoridad para todos los cálculos fundamentales del aire acondicionado.

En los últimos 40 años se han desarrollado plenamente sistemas completos de acondicionamiento de aire para producir confort y para el control de productos industriales.

Últimamente todo tipo de establecimiento comercial, edificios públicos, hoteles, teatros, cines, residencias, laboratorios, hospitales, restaurantes, están provistas de sistemas de aire acondicionado de muy variados tipos y de acuerdo a su nivel económico, con el fin principal de dar comodidad a sus ocupantes.

## DEFINICIÓN DEL AIRE ACONDICIONADO

Es la técnica para controlar los factores que afectan las condiciones físicas y químicas de la atmósfera dentro de cualquier local destinado a ocuparse por personas para su comodidad bien para realizar procesos industriales.

Existen sistemas de aire acondicionado totales, los cuales pueden trabajar en cualquier estación del año y mantener las condiciones deseadas tanto en verano como en invierno.

## PARÁMETROS QUE CONTROLA

Para que un sistema se considere completo, debe operar continua y simultáneamente sobre las siguientes magnitudes:

Temperatura:	Enfriamiento o calefacción.
Humedad:	Humidificación o deshumidificación.
Movimiento del aire (circulación):	Ventilación mecánica o manual.
Limpieza del aire:	Filtrado o esterilizado.

## APLICACIONES

De acuerdo a su objetivo, sus aplicaciones se pueden dividir en dos tipos: para bienestar o confort humano y para aplicaciones de tipo industrial.

También es importante la aplicación del aire acondicionado para fines terapéuticos y prevención de enfermedades en el ser humano; pudiendo citar: las salas de los recién nacidos, el control de desordenes alérgicos, los quirófanos, los cuartos de rayos X, etc.

## FORMAS DE TRANSMISIÓN DE CALOR

La necesidad de cálculos de flujo de calor en muchos problemas de ingeniería, hace necesario comprender que el estudio de flujo de calor no debe ser subestimado. Al existir una diferencia de temperaturas, la transferencia de calor puede tener lugar por conducción, convección, radiación o por alguna combinación de ellos.

## EL BALANCE TÉRMICO

Como ya se menciono, el aire acondicionado es mantener dentro de un espacio, condiciones optimas, para lo que se esta realizando dentro de ella, para conseguirlo debe instalarse un equipo de capacidad adecuada y mantener su control durante el año.

Dicha capacidad, se determina de acuerdo con las exigencias instantáneas de la máxima carga real o efectiva; el tipo de control dependerá de las condiciones que deben mantenerse durante las cargas máximas y parciales.

Para realizar el diseño de un sistema de aire acondicionado debe efectuarse el balance térmico, que tiene por objeto el análisis de todos aquellos conceptos que presentándose en forma simultánea, provocan pérdidas o ganancias de calor. Debiéndose calcular para verano e invierno, y debe hacerse a la hora mas desfavorable o critica por lo que respecta al medio ambiente exterior.

Así los componentes que intervienen en el balance térmico son:

La ganancia de calor a través de las barreras.

La ganancia de calor por ocupantes.

La ganancia de calor por alumbrado.

La ganancia de calor por equipo instalado.

La ganancia de calor debida a efecto solar.

La ganancia de calor por infiltraciones.

Y además deben considerarse los siguientes aspectos físicos como son:

Orientación del local.

Destino del local.

Materiales de construcción.

Condiciones ambientales.

Puertas y ventanas.

Numero de ocupantes.

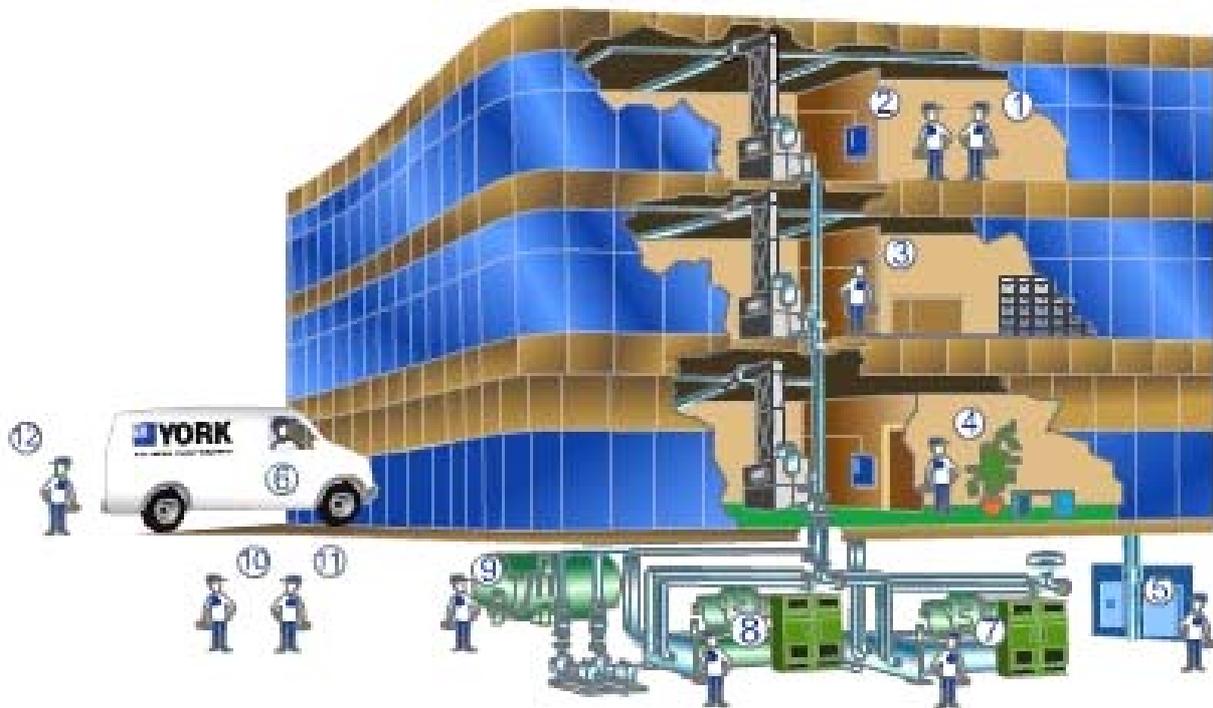
Alumbrado.

Aparatos eléctricos, electrónicos, etc.



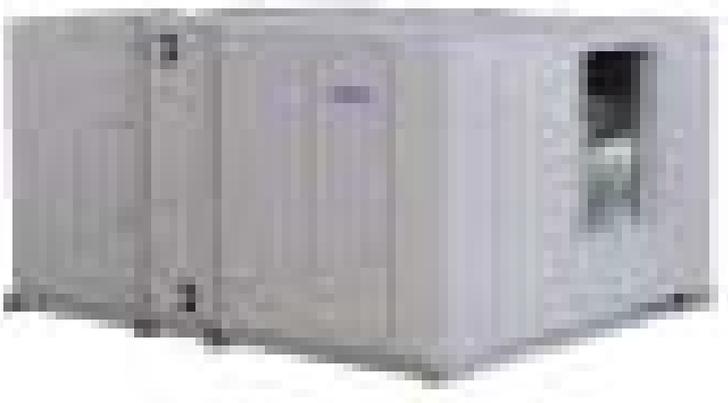
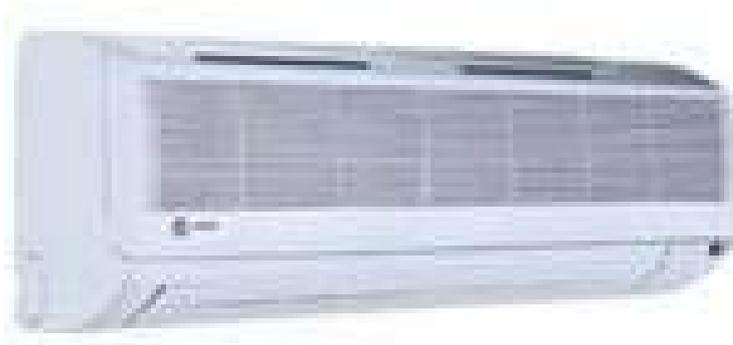
## SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

La evaluación de los diferentes sistemas que pueden cumplir con los requisitos fijados por el proyectista o diseñador de un sistema de aire acondicionado es un paso muy importante, para ello, se debe de estar familiarizado con las características, sus ventajas, sus desventajas y sus limitaciones de cada una de ellas.



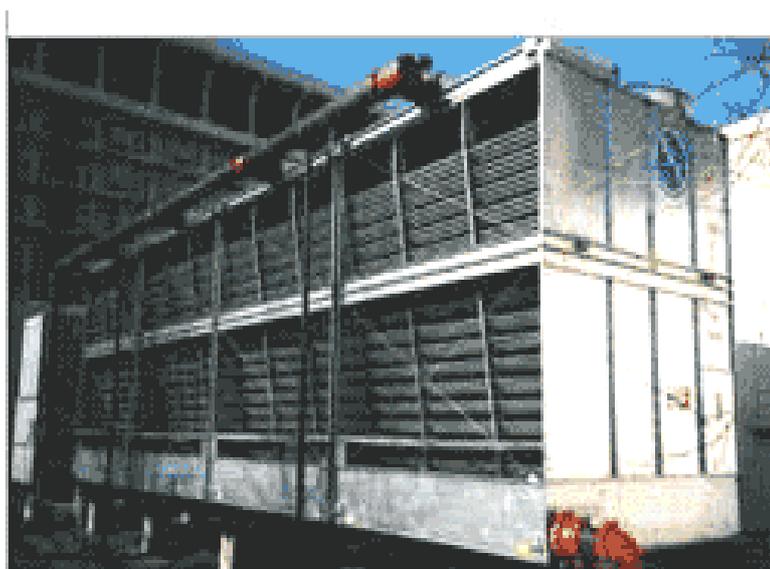
Según el medio refrigerante que se lleva al espacio por acondicionar, los sistemas de aire acondicionado se clasifican como sigue:

**Sistemas unitarios de expansión directa.**





## Sistemas de agua helada

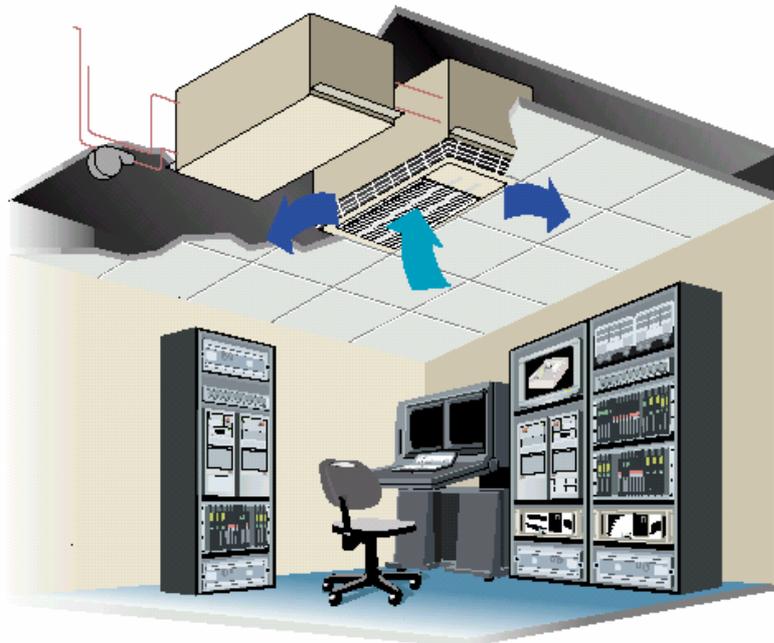




## Sistemas evaporativos.



## Sistemas de precisión.



# **ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE SELECCIÓN DE SISTEMA DE AIRE**

## **Antecedentes**

El Centro Comercial Carrefour se construirá en la Ciudad León, Gto. Se consideran características de alta especificación y cumplimiento estricto de los reglamentos y códigos aplicables.

El acondicionamiento ambiental del Centro Comercial se considera para verano, con la tecnología más adecuada para lograr un diseño sencillo, fácil de mantener y con la combinación de inversión inicial y costo de operación que más se ajuste a las prioridades del propietario.

Consideraremos el acondicionamiento del área de ventas y las áreas de circulación del área de locales comerciales.

## **2. Normas y Reglamentos.**

Todos los trabajos deberán ser ejecutados de acuerdo con el Reglamento de Construcción de la Ciudad de León Gto y otras Normas y Ordenanzas Locales, Estatales o Federales aplicables a la especialidad aquí especificada.

Los siguientes estándares industriales y códigos serán utilizados, excepto cuando los requerimientos de los reglamentos o códigos oficiales sean superiores.

a) ASHRAE American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers.

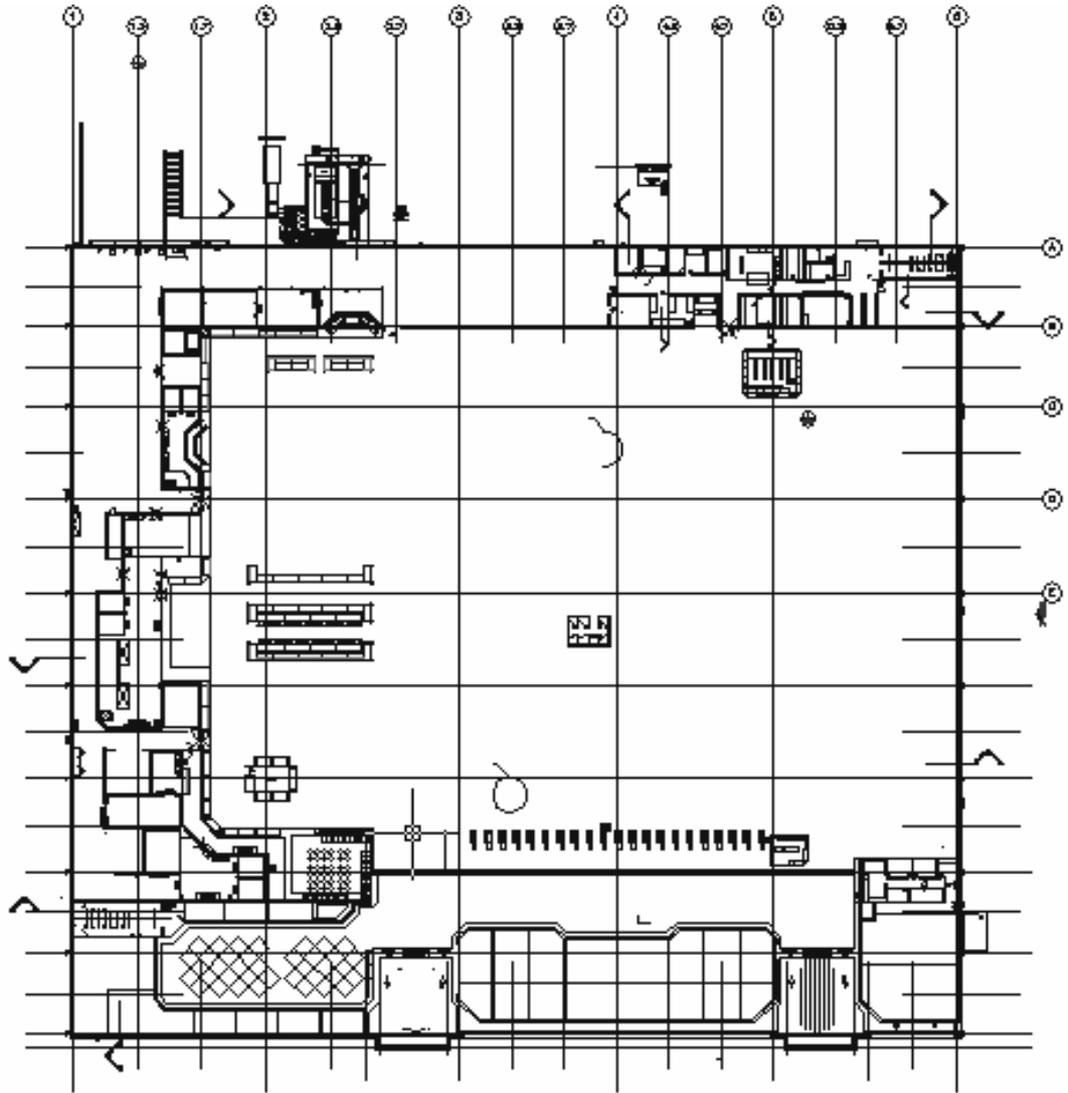
b) SMACNA Sheet Metal and Air Conditioning Contractors  
National Association.

c) UL Underwriters Laboratories.

d) NFPA National Fire Protection Association.

e) IMSS Instituto Mexicano del Seguro Social.

3. Condiciones:



X

1 PLANTA ARQUITECTÓNICA

León Guanajuato México:

Latitud N:	21° 07'
Longitud W:	101° 41'
Altura sobre nivel del mar:	1809 m
Temperatura de calculo en verano:	TBS: 34 °C TBH: 20 °C
Temperatura interior:	24 °C
Humedad relativa:	45-50%
Area de ventas:	5750 m <sup>2</sup>

#### 4. Desarrollo:

Se ha calculado el balance térmico del Area de Ventas, con base en las características de su envolvente y considerando la carga interna que se indica en los criterios de diseño, para ello se realizaron los cálculos para sistema de aire acondicionado y para sistema de aire lavado que son aplicables para este tipo de proyectos, los cuales serán los dos sistemas que se analizarán en este trabajo.

Así los valores encontrados son los siguientes:

Alternativa 1. Calculo de carga térmica para aire acondicionado para área de  
ventas

260 TR (3, 120,000 BTUH)

Alternativa 2. Calculo de carga térmica para aire lavado para área de ventas

340, 000 CFM (pies cúbicos por minuto)

5. Estudio de Alternativas.

A. Sistemas Aplicables.

A continuación se listan los dos sistemas que pueden aplicarse a este proyecto. Cabe mencionar que los sistemas no son comparables; simplemente expondremos los costos de instalación y operación para ambos.

B. Aplicaciones:

Alternativa 1.

Este sistema es aplicable en cualquier clima, tanto climas calientes y húmedos. La temperatura de salida del aire puede ajustarse independientemente de la ciudad de que se trate y, generalmente, es de alrededor de 14° C. En este caso, obtener una temperatura en el área acondicionada de 23° C no representa ningún problema. El gasto de aire requerido para lograr dicha temperatura es significativamente menor a la que se requiere con el aire lavado.

Enfriamiento:	Unidades Acondicionadoras tipo rooftop.
Manejo de aire:	Las mismas unidades rooftop.
Tipo de distribución de Aire	Volumen variable ó constante.



## Alternativa 2.

Este sistema es aplicable en climas calientes y secos, con un bulbo húmedo no mayor a 20° C.

Enfriamiento:	Enfriadores evaporativos tipo paquete.
Manejo de aire:	Los mismos enfriadores evaporativos.
Distribución de Aire	Volumen constante



### Comentarios

No es posible, en un sentido real, hacer una comparación entre el aire acondicionado y el aire lavado. Mientras el primero cumple con el control de los cinco requisitos del acondicionamiento para confort: temperatura, humedad, distribución de aire, limpieza del aire y nivel de ruido; el segundo no es capaz de cumplir, de manera simultánea, con el control de temperatura y humedad y, debido al gran flujo de aire que requiere, presenta grandes dificultades para cumplir con los restantes requisitos. Considerando estas diferencias básicas, podemos ahora establecer las ventajas y desventajas relativas de ambos sistemas

## C. Operación

### Alternativa 1.

Ventajas. a) El sistema proporciona condiciones de confort bajo cualquier condición en el exterior.

b) Temperatura Interior de 24°C.

El gasto de aire es razonable, aproximadamente 110,000 PCM.

Desventajas. a) La inversión inicial es mayor.

b) El consumo de energía y costo de operación son mayores.

### Alternativa 2.

Ventajas a) La inversión inicial es menor.

b) El consumo de energía y costo de operación son menores.

Desventajas. a) No proporciona condiciones de confort. Especialmente cuando la humedad en el exterior es alta.

b) Temperatura Interior de 27°C

Requiere un gran gasto de aire; aproximadamente 340,000 PCM.

## D. Estudio de Alternativas.

### 1 Objetivo.

Proporcionar al propietario información para ayudar en la toma de decisiones respecto al sistema a utilizar, con base en sus prioridades.

## 2 Metodología.

Se seleccionarán los equipos necesarios para cada alternativa y se estimará la inversión inicial requerida para cada una de ellas.

Para el sistema de aire acondicionado, se considera un costo de operación correspondiente al 100 % de la potencia instalada operando durante 5 horas al día.

Para el sistema de aire lavado se considera el 100 % de la potencia instalada, operando durante 8 horas al día.

## 3 Datos para el Estudio.

### Costo de Instalación.

Los precios considerados son los del fabricante y deberán tomarse en cuenta únicamente para efectos del estudio de alternativas.

Conceptos	Alternativa 1	Alternativa 2
11 Unidades Acondicionadoras de 25 TR	1,272,868.14	
20 Enfriadores evaporativos para 17,500m PCM		800,000.00
Lámina Galvanizada para ductos	400,000.00	495,000.00
Aislamiento para ductos	155,000.00	
Soportes para ductos y Equipos	93,800.00	131,000.00
Rejillas y materiales varios	98,000.00	235,000.00
Total	\$2,019,668.14	\$1,661,000.00

Costo de Energía Eléctrica.

Consumo Promedio por Kwh.                   \$    0.90

Concepto	Alternativa 1	Alternativa 2
Potencia Instalada.	400 Kw.	250 Kw.
Horas de Operación	5 Hr / día	8 Hr / día
Consumo de Energía Anual en Kwh	730,000 Kwh.	730,000 Kwh.
Consumo de Energía en Pesos M.N.	\$ 657,000.00	\$ 657,000.00

Costo de mantenimiento preventivo:

Alternativa 1.

11 Unidades Acondicionadoras de 25 TR

Dos veces al año

\$ 37,600.00

Alternativa 2.

20 Enfriadores evaporativos para 17,500m PCM

Tres veces al año

\$ 48,000.00

## Resumen

Conceptos	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo de instalación	\$ 2,019,668.14	\$ 1,661,000.00
Costo de operación	\$ 657,000.00	\$ 657,000.00
Costo de mantenimiento	\$ 37,600.00	\$ 48,000.00
<b>Costo total de inversión</b>	<b>\$ 2,714,268.14</b>	<b>\$ 2,366,000.00</b>

## 4 Conclusiones.

El sistema de aire lavado requiere de menor inversión inicial, pero tiene un costo de operación igual al del sistema de aire acondicionado y mayor en cuanto a costo por mantenimiento. Desde el punto de vista financiero es la mejor opción, ya que es mas barato. Pero desde el lado técnico, no cumple con las necesidades de confort que ofrece el aire acondicionado.

El propietario deberá tomar en cuenta las condiciones de temperatura y humedad que cada uno de los sistemas es capaz de lograr, y definir cuál sistema es el adecuado para cumplir sus prioridades.

Con esto se muestra que además de hacer un estudio económico, es necesario hacer un análisis técnico de un proyecto, para con los dos, tomar una decisión más exacta y confiable del proyecto que se desea implementar.

## MATERIAL Y EQUIPO MÁS FRECUENTEMENTE USADO EN INSTALACIONES DE AIRE ACONDICIONADO

Descripción	Unidad	Costo
Ductos de lámina galvanizada cal. 26	Kg.	26.50 M.N.
Ductos de lámina galvanizada cal. 24	Kg.	26.50 M.N.
Ductos de lámina galvanizada cal. 22	Kg.	26.50 M.N.
Aislamiento de fibra de vidrio de 1" de esp.	m2	65.50 M.N.
Aislamiento de fibra de vidrio de 2" de esp.	m2	95.50 M.N.
Aislamiento de fibra de vidrio de 1" de esp. tipo duct liner.	m2	104.00 M.N.
Ducto flexible con aislamiento de 10" de diam.	m	49.00 M.N.
Ducto flexible con aislamiento de 12" de diam.	m	63.00 M.N.
Ducto flexible con aislamiento de 14" de diam.	m	78.00 M.N.
Rejillas de inyección de 10x10" con control de volumen	pza	195.00 M.N.
Rejillas de inyección de 16x16" con control de volumen	pza	415.00 M.N.
Rejillas de inyección de 20x20" con control de volumen	pza	605.00 M.N.
Rejillas de retorno de 10x10"	pza	85.00 M.N.
Rejillas de retorno de 16x16"	pza	205.00 M.N.
Rejillas de retorno de 20x20"	pza	285.00 M.N.
Difusor de inyección de 9x9" con control de volumen	pza	190.00 M.N.
Difusor de inyección de 12x12" con control de volumen	pza	280.00 M.N.
Difusor de inyección de 15x15" con control		

de volumen	pza	420.00 M.N.
Equipo mini split de 12,000 Btuh solo frío	pza	750.00 USD
Equipo mini split de 24,000 Btuh solo frío	pza	1,014.00 USD
Equipo mini split de 36,000 Btuh solo frío	pza	1,220.00 USD
Equipo mini split de 12,000 Btuh frío/calor	pza	880.00 USD
Equipo mini split de 24,000 Btuh frío/calor	pza	1,120.00 USD
Equipo mini split de 36,000 Btuh frío/calor	pza	1,495.00 USD
Equipo auto contenido de 90,000 Btuh solo frío	pza	3,260.00 USD
Equipo auto contenido de 120,000 Btuh solo frío	pza	4,200.00 USD
Equipo auto contenido de 180,000 Btuh solo frío	pza	6,815.00 USD
Equipo auto contenido de 240,000 Btuh solo frío	pza	9,065.00 USD
Equipo dividido de 90,000 Btuh solo frío	pza	4,275.00 USD
Equipo dividido de 120,000 Btuh solo frío	pza	5,150.00 USD
Equipo dividido de 180,000 Btuh solo frío	pza	7,614.00 USD
Equipo dividido de 240,000 Btuh solo frío	pza	11,450.00 USD

## **ERRORES MÁS COMUNES EN LAS INSTALACIONES DE AIRE ACONDICIONADO**

Dentro de este tipo de instalaciones, nos encontramos con algunas distracciones ya sean consiente o inconscientemente, que de alguna manera afectan la operación de los sistemas de aire acondicionado, provocando ineficiencias en las instalaciones, llevando consigo pérdidas económicas, algunos de estas omisiones son:

- Al estar realizando el proyecto, no se consideran a las otras instalaciones (hidráulicas, sanitarias, eléctricas, telefonía, etc. e inclusive la misma estructura del local), que por consiguiente acarrea problemas con otros contratistas durante la realización de los trabajos.
- En la elaboración del proyecto del sistema de aire, se hacen consideraciones que durante la realización de los trabajos, son modificados u omitidos.
- Durante la etapa de cálculo térmico, no se considera apropiadamente la orientación del local, las dimensiones y el uso final que tendrá el área.
- En la selección del sistema, el dueño o usuario omite información al proyectista del aire, lo cual trae como consecuencia que se tenga un sistema muy sobrado o bien insuficiente para cumplir con las necesidades del sistema de aire acondicionado, las causas entre otras son ahorrarse tiempo y dinero.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Memoria de Calculo térmico para Centro comercial Carrefour en león Gto.

Apuntes de Postgrado Costos en la construcción de FES Acatlán 2003

Apuntes de calculo y selección de sistemas de aire acondicionado.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Memoria de Calculo térmico para Centro comercial Carrefour en león Gto.

Apuntes de Postgrado Costos en la construcción de FES Acatlán 2003

Apuntes de calculo y selección de sistemas de aire acondicionado.