

“EVALUACION TECNICA Y FINANCIERA DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO DE LOS EDIFICIOS JORGE BAUTISTA VESGA Y ADMINISTRACION I DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER”



Autores:

**HUGO ANDRES RODRIGUEZ BARRERA
JHON JAIRO RIVERA ARIZA**

**Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas
Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica Y Telecomunicaciones
Bucaramanga
2009**

**“EVALUACION TECNICA Y FINANCIERA DE LOS SISTEMAS DE AIRE
ACONDICIONADO DE LOS EDIFICIOS JORGE BAUTISTA VESGA Y
ADMINISTRACION I DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER”**



Autores:

**HUGO ANDRES RODRIGUEZ BARRERA
JHON JAIRO RIVERA ARIZA**

Tesis de Grado para optar por el Título de Ingeniero Electricista

Director:

M.Sc. JOSE ALEJANDRO AMAYA PALACIO

**Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas
Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica Y Telecomunicaciones
Bucaramanga**

2009

DEDICATORIA

A Dios por permitirme tener una familia maravillosa que por la confianza, incondicionalidad en todas las circunstancias, merecen los agradecimientos.

Mi Madre Carlina Ariza que con su nobleza, valentía y buenos deseos con todos sus hijos, junto a con mi padre Clímaco Rivera me brindan lo necesario para cumplir mis objetivos.

Mis hermanos

Cesar Alberto, Edwards Leandro, por su compañía y colaboración son parte de este proyecto.

Diyi Bioledy, Sergio Leonardo, su interés que las cosas siempre marchen por buen camino.

Porque el amor de mi familia son lo más bonito que tengo.

Jhon Jairo Rivera Ariza

DEDICATORIA

A Dios porque ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presenten.

A mi madre y a mi padre ya que gracias a ellos soy quien soy hoy en día , fueron los que me dieron ese cariño y calor humano necesario, son los que han velado por mi salud , mis estudios, mi educación , alimentación , son a ellos a quien les debo todo , horas de consejos , de regaños , de tristezas y de alegrías de las cuales estoy muy seguro que las han hecho con todo el amor del mundo para formarme como un ser integral y de las cuales me siento orgulloso.

A mi hermano que siempre ha estado a mi lado, ha compartido todos estos secretos y aventuras que solo se puede vivir entre hermanos y que ha estado siempre atento a cualquier problema que se me pueda presentar.

A mi familia por estar siempre pendiente y atentos a colaborar en cualquier situación.

A mis amigos más cercanos, a esos amigos que siempre me han acompañado y con los cuales he contado desde que los conocí.

A todos los profesores que me han acompañado, gracias por sus consejos y su valioso aporte profesional.

Hugo Andrés Rodríguez Barrera.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander por habernos brindado en todo este tiempo comodidades para aprender y formarnos como profesionales.

Al Ingeniero Germán Osma por sus recomendaciones y su interés que las cosas quedaran lo mejor posible.

Al Ingeniero Fredy Ribero Pico por permitirnos sus conocimientos y sus experiencias.

A todo el personal de la universidad perteneciente a los edificios en estudio por la amabilidad y colaboración.

A nuestros compañeros y profesores con los que compartimos en este proceso de formación.

Los Autores

CONTENIDO

1. INTRODUCCION	1
2. CONSIDERACIONES GENERALES	3
2.1 ANTECEDENTES	3
2.2 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO	3
2.2.1 Identificación del problema	4
2.2.2 Justificación para Solucionarlo	4
2.2.3 Objetivos del Trabajo	4
2.3.1 Expansión	6
2.3.2 Evaporización	6
2.3.3 Compresión	6
2.3.4 Condensación	6
2.4 CRITERIOS DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO	7
2.4.1 Según el tipo de fluido que se introduce en el local (frio o caliente)	7
2.4.1.1 Todo Aire.	7
2.4.1.2 Aire-Agua.	8
2.4.1.3 Todo Agua	8
2.4.1.4 Fluido Frigorífico.	8
2.4.2 Según la centralización o dispersión de los equipos que componen la instalación de frio	8
2.4.2.1 Sistema Centralizado.	8
2.4.2.2 Sistema semicentralizado.	8
2.4.2.3 Sistema descentralizado.	8
2.4.3 En base a la forma de la unidad que acondiciona el aire	11

2.4.3.1 Sistema tipo central o unidad climatizadora.	11
2.4.3.2 Equipo Autónomo.	11
2.4.4 Según la velocidad del aire.	11
2.4.4.1 Baja Velocidad	11
2.4.4.2 Alta velocidad	11
2.5 PSICROMETRIA DEL AIRE ACONDICIONADO	11
2.6 DATOS DE CAMPO PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA ENERGETICA Y COEFICIENTE DE PERFORMANCE	12
3. ESTUDIO TECNICO EDIFICIOS JORGE BAUTISTA VESGA, ADMINISTRACION I Y ADMINISTRACION II	14
3.1 EDIFICIO JORGE BAUTISTA VESGA	14
3.1.1 Descripción General	14
3.1.2 Características generales equipos de aire acondicionado del edificio Jorge Bautista Vesga	15
3.1.2.1 Acondicionadores Tipo Ventana	15
3.1.2.2 Acondicionadores Tipo Mini Split- Multi Split.	16
3.1.2.3 Sistema Dividido	16
3.1.3 LISTADO DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO PERTENECIENTES AL EDIFICIO JORGE BAUTISTA VESGA	17
3.1.4 DETERMINACION DE LA CARGA TERMICA	18
3.1.4.1 Calculo Carga Térmica Tipo	22
3.1.5 Estudio Eléctrico Edificio Jorge Bautista Vesga	25
3.2 EDIFICIO ADMINISTRACION I	27
3.2.1 Descripción General	27
3.2.2 Listado De Equipos De Aire Acondicionado Del Edificio Administracion I	28

3.2.4 Estudio Eléctrico Edificio Administración I	29
3.3 EDIFICIO ADMINISTRACION II	31
3.3.1 Características Generales	31
3.3.2 Listado de equipos pertenecientes al sistema de refrigerante variable instalado en el edificio de administración II	33
3.3.3 Determinación de la carga térmica del edificio administración II	36
3.3.4. Estudio Eléctrico Edificio Administración II	38
3.4 COMPARACION TECNICA DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO DE LOS EDIFICIOS JORGE BAUTISTA VESGA, ADMINISTRACION I Y ADMINISTRACION II	39
4. NIVEL DE EFICIENCIA ENERGETICA DE LOS EDIFICIOS JORGE BAUTISTA VESGA Y ADMINISTRACION I	41
4.1 EFICIENCIA ENERGETICA	41
4.1.1 Relación De Eficiencia Energética (EER) Y Coeficiente De Performance (COP)	41
4.1.2 Calculo De La Relación De Eficiencia Energética (EER) y coeficiente de performance (COP)	42
4.1.3 Calculo Tipo Relación De Eficiencia Energética (EER) Y Coeficiente De Performance (COP)	43
4.1.4 Tabla De Eficiencia Energética De Los Sistemas De Aire Acondicionado Del Edificio Jorge Bautista Vesga Y Administración I	47
5. EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO	48
5.1 INDICADORES FINANCIEROS	48
5.1.1 Valor Presente Neto (VPN)	49
5.1.2 Tasa Interna De Retorno (TIR)	50
5.1.3 Periodo De Recuperación De La Inversión	51

6. SOLUCIONES ENERGETICAS EDIFICIOS JORGE BAUTISTA VESGA Y ADMINISTRACION I	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFIA	56
ANEXOS	57

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Equipos Tipo Ventana Edificio Jorge Bautista Vesga	15
Tabla 2. Equipos Tipo Mini Split y Multi Split Edificio Jorge Bautista Vesga	16
Tabla 3. Características generales equipos de aire acondicionado Edificio Jorge Bautista Vesga	18
Tabla 4. Modelo de Inventario	22
Tabla 5. Resultados Carga térmica Tipo	23
Tabla 6. Resumen de Cargas Térmicas Edificio Jorge Bautista Vesga	24
Tabla 7. Consumo y costo semanal edificio Jorge Bautista Vesga	26
Tabla 8. Listado de equipos del edificio Administración I	28
Tabla 9. Resumen de cargas térmicas Edificio Administración I	29
Tabla 10. Consumo y costo semanal Edificio Administración I	30
Tabla 11. Listado equipos aire acondicionado administración II	34
Tabla 12. Ubicación unidades exteriores y interiores edificio administración II	35
Tabla 13. Carga térmica edificio administración II	37
Tabla 14. Consumo y costo energético del edificio administración II	38
Tabla 15. Comparación y ahorro con el sistema multi V	39
Tabla 16. Rango de valores de Eficiencia según NTC 4336	42
Tabla 17. Comparación y ahorro con el sistema multi V	48

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procesos principales del Aire Acondicionado	5
Figura 2. Esquema de un equipo a expansión directa	7
Fig 3. Acondicionador Tipo Ventana	9
Fig 4. Esquema de una Unidad de ventana	9
Fig. 5 Esquema de una Unidad Mini Split	10
Fig. 6 Acondicionador tipo Mini Split	10
Fig. 7 Acondicionador Sistema dividido	10
Fig 8. Higrómetro/termómetro	13
Fig. 9 Termo anemómetro	13
Fig. 10 Pinza amperimetrica	13
Fig 11. Equipo Tipo Paquete	17
Fig. 12 Definición de Carga Térmica	20
Fig 13. Unidades exteriores Sistema Refrigerante Variable Edificio Administración II	33
Fig. 13 Datos de funcionamiento equipo Mini Split	44
Fig 15 . Carta psicométrica	44
Fig 16. Rangos de eficiencia energetica según norma NTC 4336	46
Fig. 17 Rangos de clasificación de desempeño energético para acondicionadores unitarios	46
Fig 17 Flujo de fondos edificio administración I	49
Fig 19. Flujo de fondos edificio Jorge bautista vesga	50
Fig 20. Tiempo de recuperación inversión	51

RESUMEN

TITULO: EVALUACION TECNICA Y FINANCIERA DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO DE LOS EDIFICIOS JORGE BAUTISTA VESGA Y ADMINISTRACION I DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

AUTORES: HUGO ANDRES RODRIGUEZ BARRERA, JHON JAIRO RIVERA ARIZA

PALABRAS CLAVES: aire acondicionado, uso racional y eficiente de energía, carga térmica, eficiencia.

DESCRIPCION:

En la actualidad los recursos energéticos son utilizados en el mundo de una manera desconsiderada causando que los gobiernos de los países tomen medidas como racionamientos y programas enfocados en el uso racional y eficiente de energía para evitar el uso indebido de este. El aire acondicionado en su aplicación para confort es el sistema que mayor consumo de energía representa ya sea a nivel residencial o comercial.

El trabajo realizado en los edificios de la Universidad Industrial de Santander, incluye la descripción general de los equipos de aire acondicionado mediante una metodología que comprendió, búsqueda, análisis y organización de la información que permitió realizar un estudio eléctrico, térmico y financiero, que proporciono las bases para los resultados finales. Este trabajo tiene como fin principal la comparación de los diferentes sistemas de aire acondicionado presentes en los edificios Jorge Bautista, Administración I y Administración II de la Universidad Industrial de Santander enfocado hacia un uso racional y eficiente de energía, tomando como referencia el sistema de refrigerante variable que funciona actualmente en el edificio de Administración II.

Con el análisis y entrega de datos, los directivos de la Universidad Industrial de Santander, cuentan con un soporte importante y útil para la toma de decisiones en cuanto a equipos de aire acondicionado, esperando beneficios, confort de sus ocupantes, ahorro energético y uso racional y eficiente de energía.

*Trabajo de Grado

**Facultad de Ingenierías Físico –Mecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones

Director: Msc. José Alejandro Amaya Palaci

ABSTRACT

TITLE: TECNIC AND FINANCIER EVALUATION OF THE CONDITIONING SYSTEMS OF THE BUILDINGS JORGE BAUTISTA VEGA AND ADMINISTRATION I OF THE INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER.

AUTHORS: HUGO ANDRES RODRIGUEZ BARRERA, JHON JAIRO RIVERA ARIZA

KEY WORDS: conditioning air, rational and efficient use of the energy, thermal loads, efficiency

DESCRIPTION:

At present the energetic resources are more used in the world in a inconsiderate way, causing that the governments of the countries take measurements as rationings and programs focused in the rational and efficient use of energy to avoid the undue use of these. The conditioning air in it's application for comfort is the system that represents the major consumption of energy already be to residential or commercial level and this cost is the one that has the biggest impact along the functioning of this one.

The work realized in these buildings of the industrial University of Santander, includes the general description of the air-conditioning plants by means of a methodology that included search, analysis and organization of the information that helped us to realize an electrical, thermal and financial study that provided us the bases for the final results. This work takes as a principal end the comparison of the different present systems of air conditioning in the buildings Jorge Bautista, Administration I and Administration II of the Industrial University of Santander focused towards a rational and efficient use of energy, taking as a reference the system of cooling variable that works nowadays in the building of Administration II.

With the analysis and the delivery of information, the executives of the University possess an important and useful support for the capture of decisions as for the air conditioning, waiting for benefits, comfort of it's occupants, energetic saving and rational and efficient use of the energy.

***Project of degree**

****Physical –Mechanic Science Department, School Electric Electronic Engineering's and Telecommunications
Director: Msc. José Alejandro Amaya Palacio;**

1. INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como objetivo establecer una comparación técnica y económica de los sistemas de aire acondicionado existentes en los edificios Jorge Bautista Vesga y Administración I de la Universidad Industrial de Santander enfatizando principalmente en el ahorro de consumo energético en el que incurrirían los edificios al estar funcionando con el sistema de refrigerante variable que se encuentra instalado en el edificio de Administración II

Hoy en día la crisis energética es una realidad en todo el mundo, en Colombia se ha visto reflejado en el cobro de energía al usuario final , así como los niveles de contaminación producida también en gran medida por la generación de energía eléctrica a partir de los hidrocarburos.

El aire acondicionado en su aplicación para confort es el sistema que mayor consumo de energía representa ya sea a nivel residencial o comercial presentando un porcentaje alrededor de 19% del total de energía consumida y este costo por operación es el que más impacta a lo largo del funcionamiento del equipo.

Los fabricantes también están preocupados por mejorar la eficiencia de de sus equipos para lograr esta reducción de consumos energéticos que requieren los tiempos actuales y por esto la principal tendencia es optimizar la eficiencia de los equipos mejorando el compresor y su desempeño.

Una segunda tendencia está enfocada al control de capacidad del equipo para lograr un confort para cada zona, lo que se llama una operación individual, el equipo resultante de esta tendencia son los llamados sistemas de refrigerante variable. Es un hecho que un equipo que integra los últimos adelantos tecnológicos tendrá un costo inicial más elevado que un equipo tradicional.

Es por esto que nace la idea de hacer un estudio técnico y financiero a los edificios JBV y ADMON I tomando como referencia el sistema de refrigerante variable instalado en ADMON II haciendo énfasis en la reducción de consumo energético.

Este documento describe en su parte inicial las características generales del proyecto y lo que se quiere lograr en el y algunas consideraciones sobre aire acondicionado.

Seguidamente se muestra el estudio técnico que se hizo en los edificios Jorge Bautista Vesga, Administración I y Administración II, el cual se baso en la caracterización detallada de los equipos presentes en cada uno de ellos , la determinación de la carga térmica y el estudio eléctrico que comprendió el consumo de energía que presenta cada uno de estos y los gastos en los que incurre. Posteriormente se analiza el nivel de eficiencia energética que presentan los equipos del edificio Jorge Bautista Vesga y Administración I.

La parte final del proyecto muestra los indicadores económicos que se presentan en este, así como las soluciones energéticas y recomendaciones propuestas.

Las conclusiones finales y más relevantes se presentan en el capítulo final.

Adicionalmente se presentan dos anexos, el anexo A nos muestra las tablas necesarias para determinar el estudio térmico o determinación de carga de cada salón. El anexo B nos muestra una tabla donde se resume el nivel de eficiencia energética de cada uno de los equipos de los edificios Jorge Bautista Vesga y Administración I,

2. CONSIDERACIONES GENERALES

2.1 ANTECEDENTES

El primero en trabajar con sistemas de aire acondicionado fue Lord Kelvin ,en el año de 1824 quien invento el principio del aire acondicionado , con el objeto de conseguir un ambiente agradable y sano , el científico creó un circuito frigorífico hermético basado en la absorción de calor a través de un gas refrigerante . Mas adelante, en 1902 el estadounidense Willis Haviland Carrier fue el que propuso las bases de refrigeración moderna , desarrollando el concepto de climatización de verano y creando la primera unidad de aire acondicionado de la historia. Debido a su calidad un gran número de empresas se interesaron en el producto siendo un gran éxito esta primera unidad. Carrier mas adelante revela su 'Formularia Racional Psicrométrica Básica' la cual es hoy en día la base de todos los cálculos fundamentales en lo que se refiere a aire acondicionado.

Debido al gran éxito alcanzado Carrier decide seguir estudiando y mejorando cada vez mas sus equipos de aire acondicionado interesándose ya no por la industria sino en las personas , es decir en el confort . Es así como patenta la Máquina de Refrigeración Centrifuga , capaz de acondicionar grandes espacios. La industria creció rápidamente y a partir de entonces , el confort del aire acondicionado se extendió a todo el mundo.

2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El presente trabajo tiene como fin principal realizar una comparación técnica entre los sistemas de aire multivariable y sistemas individuales, enfatizando en el ahorro de energía y uso racional de esta.

2.2.1 Identificación del problema

Este proyecto se enfoca hacia el uso racional y eficiente de energía y se basa en la comparación del funcionamiento de un sistema de refrigerante variable instalado en el edificio de ADMON II con los sistemas tradicionales de aire acondicionado que actualmente se encuentran en los edificios Jorge Bautista Vesga (JBV) y ADMON I conceptuando sobre la viabilidad de su implantación y el impacto que esto lograría.

El edificio Administración II se encuentra actualmente en el mercado de la nueva línea de aire acondicionado denominado sistema de refrigerante variable, una modalidad global que permite la adaptación de acuerdo a las necesidades reales de confort y que permite además un ahorro de energía y costos adicionalmente presenta diferentes características que lo hacen superior a los demás sistemas actuales

2.2.2 Justificación para Solucionarlo

Este trabajo de investigación se justifica en el interés que surge como futuros profesionales de la ingeniería eléctrica para aprovechar los conocimientos adquiridos a lo largo del proceso de formación a partir de aplicar confrontación con la realidad donde se propongan soluciones en un contexto crítico de reflexión. Se busca la oportunidad de solucionar una necesidad en un escenario real como es la reducción del consumo energético por medio de herramientas que sirvan de apoyo a la formulación de una solución.

2.2.3 Objetivos del Trabajo

el objetivo general es realizar una evaluación técnica y financiera de los sistemas de aire acondicionado que tiene actualmente los edificios Jorge Bautista Vesga (JBV) y Administración I de la Universidad Industrial de Santander, tomando como referencia el sistema de refrigerante variable instalado en el Edificio

Administración II. A continuación se mencionan los objetivos específicos establecidos.

- Realizar una comparación técnica de los sistemas de aire acondicionado de los edificios Administración I , Administración II y Jorge Bautista Vesga..
- Establecer el nivel de eficiencia energética de los sistemas de aire acondicionado de los edificios Administración I y Jorge Bautista Vesga.
- Realizar un análisis sobre el costo financiero de los sistemas de aire acondicionado de los edificios Administración I, Administración II y Jorge Bautista Vesga para la Universidad Industrial de Santander
- Proponer soluciones energéticas para los sistemas de aires acondicionados de los edificios Administración I y Jorge Bautista Vesga, para un uso racional y eficiente de energía

2.3 ETAPAS DE FUNCIONAMIENTO DEL AIRE ACONDICIONADO

El principio de funcionamiento básico del aire acondicionado se puede explicar por medio de las siguientes etapas, el cual se conoce como ciclo de refrigeración, y durante el cual circula un refrigerante que servirá para reducir o mantener la temperatura de un ambiente por debajo de la temperatura del exterior, y el cual empieza en una condición inicial y sigue una secuencia de procesos hasta volver de nuevo a esta.

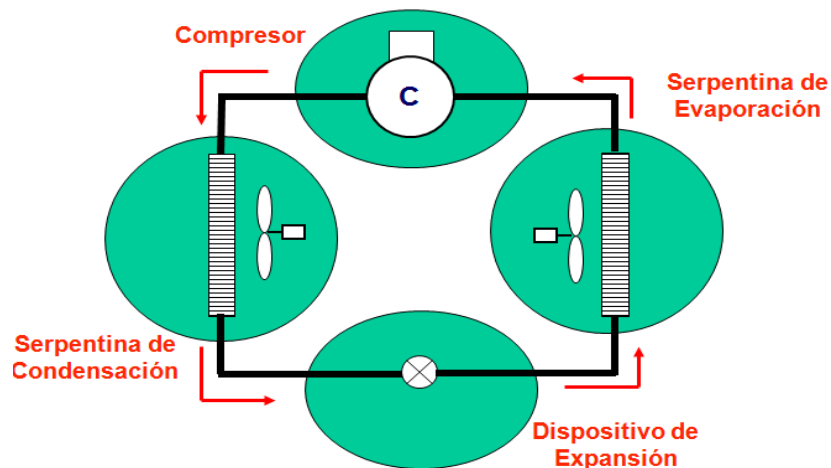


Figura 1. Procesos principales del Aire Acondicionado

2.3.1 Expansión

El refrigerante en estado líquido y a una presión y temperatura alta fluye hacia el control del flujo del refrigerante, allí la presión del líquido del refrigerante disminuye y se hace igual a la presión del evaporador, haciendo que la temperatura de saturación del refrigerante que entra al evaporador sea menor a la temperatura del ambiente o espacio refrigerado. Una parte del líquido se evapora al pasar por el control del refrigerante para hacer que la temperatura del líquido disminuya hasta la temperatura de evaporización.

2.3.2 Evaporización

Estando el líquido en el evaporador, este se evapora a una presión y temperatura constante mientras que el calor necesario suministrado para el calor latente de evaporación pasa de las paredes del evaporador hacia el líquido que se evapora. Todo el refrigerante se evaporara en esta etapa.

2.3.3 Compresión

La acción que genera el compresor sirve para llevar el vapor que es resultado de la evaporación a través de una línea de aspiración desde el evaporador hasta el compresor. Allí el vapor fluye por la línea de descarga.

2.3.4 Condensación

El vapor que proviene de la línea de descarga ingresa al condensador donde evacua calor hacia el aire relativamente frío que el ventilador del condensador hace circular. Inmediatamente de hacer este proceso la temperatura del vapor se reduce a la nueva temperatura de saturación que corresponde a la nueva presión y el vapor se condensa, volviendo al estado líquido de la primera etapa. Antes de que el refrigerante ocupe todo el espacio del condensador este se condensa en su

mayoría y luego se subenfria. Después este líquido subenfriado pasa al receptor y quedara listo para una nueva circulación.

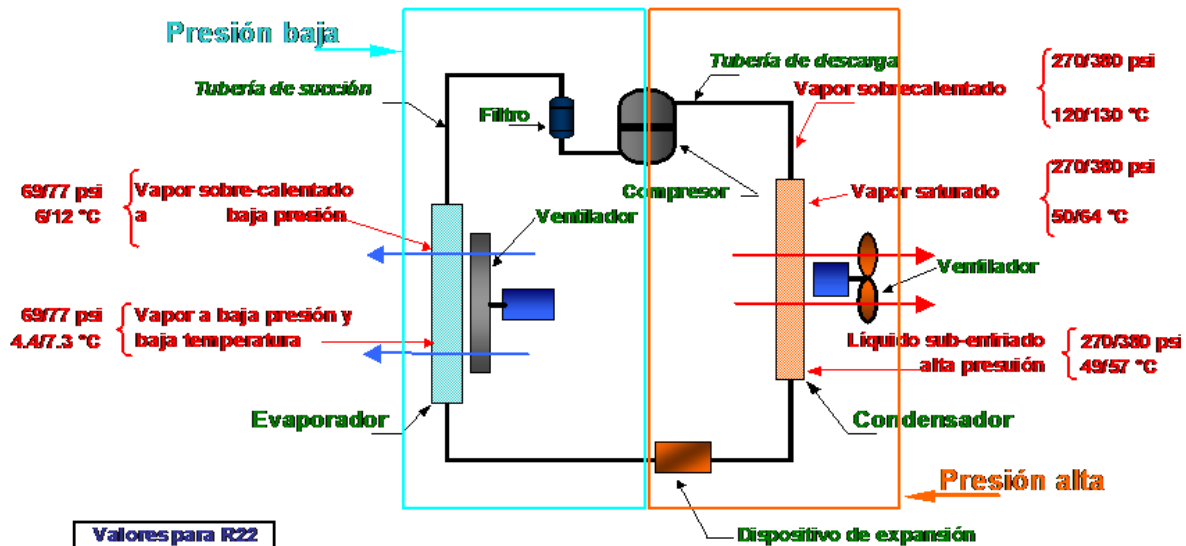


Figura 2. Esquema de un equipo a expansión directa

2.4 CRITERIOS DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

Existen cuatro criterios para clasificar un sistema de aire acondicionado, estos son los siguientes:

2.4.1 Según el tipo de fluido que se introduce en el local (frio o caliente)

2.4.1.1 Todo Aire. Son el tipo de instalaciones que enfrían o calientan únicamente aire, el cual es introducido en el recinto que se desee climatizar, pueden emplear un conducto para el ingreso del aire el cual se conoce como sistema convencional y es muy común en la industria. También pueden emplear dos conductos para el transporte del aire, un conducto de aire frio y otro de aire caliente, este sistema es más costoso y requiere mayor cantidad de materiales y espacio para su funcionamiento.

2.4.1.2 Aire-Agua. Emplean tanto el agua como al aire para calefacción y refrigeración, el aire se trata en una unidad central y el agua en otra , se enfría o se calienta de acuerdo a las necesidades y se hace llegar por medio de una red de tuberías a una unidad terminal.

2.4.1.3 Todo Agua. Solo se emplea agua, la cual se enfría o se calienta en una unidad central y se distribuye, llegando a unidades terminales como fan-coils o inductores.

2.4.1.4 Fluido Frigorífico. El fluido utilizado no es aire ni agua, sino el fluido frigorífico o refrigerante. Puede utilizarse un sistema descentralizado, con pequeñas unidades autónomas e independientes como el tipo ventana, o a un sistema centralizado con una red de distribución de fluido frigorífico de forma que llegue a una unidad terminal situada en el interior del lugar a acondicionar.

2.4.2 Según la centralización o dispersión de los equipos que componen la instalación de frío

2.4.2.1 Sistema Centralizado. Existe una central donde se enfría o se calienta el aire o agua que posteriormente se distribuye a los sitios que se desea climatizar. En la misma central se hace el tratamiento completo del aire.

2.4.2.2 Sistema semicentralizado. Existe una parte común del proceso de acondicionamiento que se realiza en una central y otra parte que se lleva a cabo en el mismo local que se desea climatizar.

2.4.2.3 Sistema descentralizado. Es un sistema en el cual se realiza el tratamiento completo del aire en cada local que se desea climatizar, por ejemplo un acondicionador tipo ventana.

ACONDICIONADORES TIPO VENTANA: La condensación se realiza en el exterior, es decir mediante el aire exterior. El compresor es hermético y monofásico. Se utilizan para enfriar el aire de un local, salón, habitación determinados. La potencia de estos equipos varía aproximadamente entre 1 y 6 kW. El acondicionador de ventana solo enfría aire en verano y puede proporcionar calor en invierno mediante una resistencia eléctrica que puede llevar incorporada. La capacidad de estos equipos varía entre 6000 y 36000 BTU/h.



Fig 3. Acondicionador Tipo Ventana

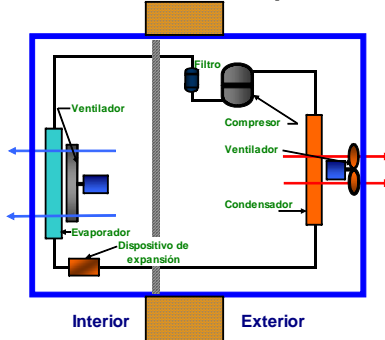


Fig. 4. Esquema de una Unidad de ventana

ACONDICIONADORES TIPO MINI SPLIT- MULTI SPLIT

Este equipo está compuesto de dos partes separadas, unidas por mangueras flexibles que son de corta longitud. La condensación se hace por aire por lo que la unidad exterior debe colocarse en el exterior. Hay la variedad mural y la de techo. En la mural el evaporador se pone en la pared, mientras que en la de techo, más para centros comerciales y gama industrial, el evaporador se pone en el techo. Para ambos casos el condensador siempre se pone en el exterior.

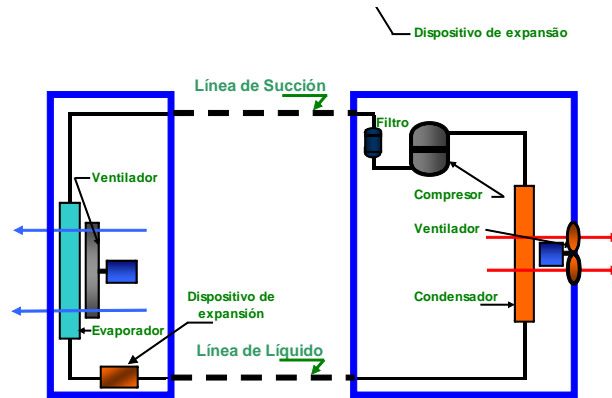


Fig. 5 Esquema de una Unidad Mini Split



Fig. 6 Acondicionador tipo Mini Split

SISTEMA DIVIDIDO

Equipo conformado por la unidad interior o evaporadora y por la unidad exterior o condensadora, ambos debidamente conectados con tubería de cobre. El rango de capacidades va desde 6 hasta 25 TR.

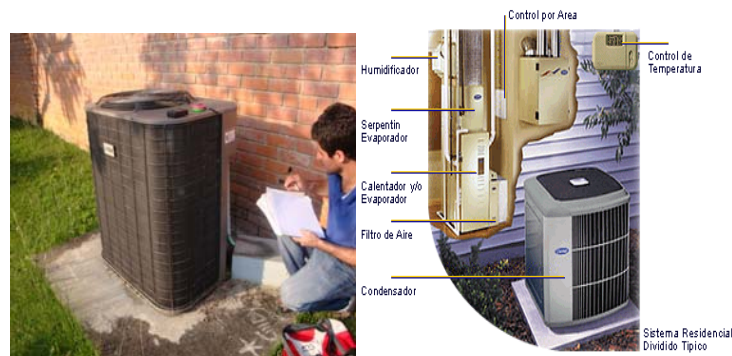


Fig. 7 Acondicionador Sistema dividido

2.4.3 En base a la forma de la unidad que acondiciona el aire

2.4.3.1 Sistema tipo central o unidad climatizadora. Se trata de un conjunto de elementos que se acoplan formando unidades modulares. Este sistema se utiliza en la climatización de grandes espacios.

2.4.3.2 Equipo Autónomo. Es una unidad de tratamiento de aire que lleva en sí todo el proceso de acondicionamiento. No está constituido por módulos, sino que en un solo paquete se realizan todas las operaciones.

2.4.4 Según la velocidad del aire.

2.4.4.1 Baja Velocidad. Cuando la velocidad es menor de 11 m/s

2.4.4.2 Alta velocidad. Cuando las velocidades están comprendidas entre 11 y 25 m/s

2.5 PSICROMETRIA DEL AIRE ACONDICIONADO

Psicrometría es el nombre que se le da al estudio del aire húmedo que es la mezcla de vapor de agua y aire. El aire presenta propiedades físicas como lo es la temperatura de bulbo seco, bulbo húmedo, de rocío, humedad relativa, volumen específico, entalpía específica, que forman parte del proceso psicrométrico. Cualquier condición del aire se puede representar mediante un punto en la carta. La condición puede ubicarse una vez que se conozcan dos propiedades independientes. EL objetivo del equipo de acondicionamiento de aire es cambiar el estado del aire que entra y llevarlo a otra condición. A este cambio se le llama proceso. La carta psicrométrica ayuda mucho en este proceso, en la selección de equipos y análisis de problemas. Allí se indican los procesos trazando una línea desde el estado inicial del aire hasta su estado final. A lo largo de esta línea el aire

cambia sus propiedades. Acá la mayor parte de los procesos se puede representar mediante líneas rectas

2.6 DATOS DE CAMPO PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA ENERGETICA Y COEFICIENTE DE PERFORMANCE

Para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos fue necesario obtener una medida de una forma confiable y aproximada. Para esto fue necesaria la toma de datos de campo o datos reales de funcionamiento de los equipos de aire acondicionado. Debido a que son equipos individuales, se hace más compleja y laboriosa la toma de datos, debido a que las cargas que presentan estos equipos de aire acondicionado no son fijas, sino que están variando de una manera muy constante y seguida. Para obtener un valor aproximado de cada una de las variables a medir fue necesario realizar medidas durante varias semanas a diferentes horas del día y teniendo en cuenta una buena cantidad de carga presente en los diferentes salones, para obtener datos lógicos. Con la totalidad de medidas para cada recinto se obtuvo un promedio de estas y con este valor se trabajo para determinar este parámetro.

Los instrumentos a utilizar para llevar a cabo las medidas fueron los siguientes:

HIGROMETRO/TERMOMETRO TECPEL 322: Este instrumento fue utilizado para medir la humedad relativa del aire (%) y la temperatura a la salida y entrada del evaporador o unidad interior.



Fig 8. Higrómetro/termómetro

TERMOANEMOMETRO ERASMUS EA 200: Este instrumento fue utilizado para medir la velocidad del aire en Km/h.



Fig. 9 Termo anemómetro

PINZA AMPERIMETRICA FLUKE 33: Esta pinza fue utilizada para medir intensidad de corriente, voltaje y potencia de funcionamiento de los equipos de aire acondicionado.



Fig. 10 Pinza amperimetrica

3. ESTUDIO TECNICO EDIFICIOS JORGE BAUTISTA VESGA, ADMINISTRACION I Y ADMINISTRACION II

3.1 EDIFICIO JORGE BAUTISTA VESGA

Esta sección del capítulo 3 tiene como fin principal describir de una manera detallada el edificio Jorge Bautista vesga en lo que se refiere a aire acondicionado y determinar su consumo energético.

3.1.1 Descripción General

El edificio Jorge Bautista Vesga se encuentra dentro del campus principal de la Universidad Industrial de Santander y cuenta con una totalidad de 4 pisos en donde existen 33 aulas (salones de clase, centros de investigación, oficinas de profesores y administrativas), además 4 laboratorios, para un total de 37 recintos acondicionados. Allí están ubicadas las facultades de las carreras de Ingeniería de petróleos, metalúrgica y geología. En el sótano del edificio se encuentra algunos laboratorios pertenecientes a la escuela de metalúrgica, además de centros de cómputo y aulas de clase. El primer piso corresponde en su totalidad a la escuela de Ingeniería de Petróleos, allí se ubican la secretaria, dirección, oficina de postgrados de petróleos y decanatura de la facultad fisicoquímica, además de laboratorios y salones de clase. En el segundo piso del Jorge bautista se encuentra la dirección de la escuela de Metalúrgica, así como diferentes laboratorios y aulas de clase pertenecientes a esta escuela, además queda ubicado el proyecto Campo escuela Colorado. El tercer piso corresponde a la escuela de Geología, comprende aulas de clase, laboratorios, centro de cómputo y oficinas de profesores.

3.1.2 Características generales equipos de aire acondicionado del edificio Jorge Bautista Vesga

En su mayoría el edificio cuenta con sistemas de aire descentralizado, 21 tipos ventana, 23 tipo mini Split y 2 tipos paquete, maquinas individuales que realizan el tratamiento del aire en cada recinto a climatizar. Ejemplos de estos son los tipo ventana, mini Split y acondicionadores central tipo paquete. Debido a que la mayoría de volúmenes a acondicionar son (112 m³) relativamente pequeñas se utilizan este tipo de equipos. Estos equipos se denominan de menor potencia ya que esta suele estar comprendida entre 1 y 6 kW.

A continuación describiremos de una manera más detallada los equipos presentes en el edificio Jorge Bautista

3.1.2.1 Acondicionadores Tipo Ventana El total de equipos de aire acondicionado tipo ventana instalados en el edificio es de 21, con una capacidad de 390000 BTU/h. La siguiente tabla muestra el resumen de los equipos de este tipo presentes en el Jorge Bautista Vesga.

PISO	NOMBRE DEL SALON	CAPACIDAD (BTU/H)	MARCA	POTENCIA PLACA(kw)
SOTANO	Centro de computo	24000	Gold Star	2,82
		24000	Gold Star	2,82
	laboratorio Trilogia	12000	LG	1,22
	Materiales II	12000	General Electric	0,9
		12000	General Electric	0,9
	Materiales III	24000	York	2,6
1 PISO		24000	York	2,6
	Aula de Clase	12000	York	1,1
	Centro de Estudios	24000	LG	2,82
		24000	LG	2,82
	Grupo Investigacion	18000	LG	1,85
2 PISO	Grupo Investigacion	24000	LG	2,82
	Laboratorio Corrosion	12000	General Electric	0,9
	Aula de Lodos	24000	York	2,6
	Salon Postgrados	24000	Toshiba	2,6
3 PISO	Aula de Clase	12000	York	1,1
		12000	York	1,1
	Laboratorio	12000	York	1,1
		12000	York	1,1
	Laboratorio	24000	York	2,6
	12000	Silver Nano	1,1	
	24000	York	2,6	

Tabla 1. Equipos Tipo Ventana Edificio Jorge Bautista Vesga

3.1.2.2 Acondicionadores Tipo Mini Split- Multi Split. El total de equipos de aire acondicionado de este tipo para este edificio es de 23, con una capacidad de 540000 BTU/h. La siguiente tabla muestra el resumen de los equipos de este tipo presentes en el edificio Jorge Bautista Vesga

PISO	NOMBRE DEL SALON	CAPACIDAD (BTU/H)	MARCA	POTENCIA PLACA(kW)
SOTANO	Sala de Informatica	60000	York	7,2
	Postgrados Petroleos	12000	York	1,1
	Salon Verde	18000	Star Ligth	1,4
1 PISO		18000	Gold Star	1,85
	Centro Investigacion Gas	24000	Bryant	2,3
	Centro Investigacion Gas	18000	Toshiba	1,8
	Computo Petroleos	36000	Carrier	3,65
	Salon Rojo	18000	Gold Star	1,85
		18000	York	1,3
	Salon Maestria	18000	Panasonic	1,35
	Secretaria Petroleos	12000	York	1,1
	Direccion Petroleos	18000	York	1,3
	Sala Azul	36000	Star Ligth	3,4
	Director Postgrados	12000	York	1,1
	Salon Fundadores	24000	Panasonic	2,4
	2 PISO	Ciencia y Tecnologia	18000	Panasonic
3 PISO	Direccion Geologia	36000	Carrier	3,65
	Aula de Clase	24000	Star Ligth	2,4
	Aula de Clase	24000	York	2,6
	Sala de computo	36000	Carrier	3,65
	Aula de Clase	36000	Carrier	3,65
	Oficina Profesor	12000	York	1,1
	Oficina Profesor	12000	York	1,1

Tabla 2. Equipos Tipo Mini Split y Multi Split Edificio Jorge Bautista Vesga

3.1.2.3 Sistema Dividido El edificio presenta dos equipos de este tipo. El primero se encuentra en el segundo piso y pertenece al proyecto Campo Escuela Colorado, tiene una capacidad de 60000 BTU/h. El segundo equipo está ubicado en el cuarto piso y pertenece a la oficina de profesores, este tiene una capacidad de 48000 BTU/h

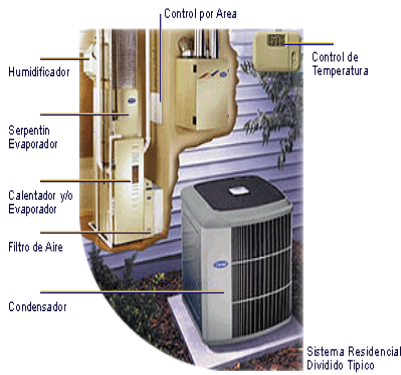


Fig 11. Equipo Tipo Paquete

3.1.3 LISTADO DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO PERTENECIENTES AL EDIFICIO JORGE BAUTISTA VESGA

La tabla 1 muestra el listado de equipos de aire acondicionado instalados en el edificio Jorge Bautista Vesga, con algunas características de estos como lo son su capacidad, ubicación y tipo de marca. Se muestra la cantidad de toneladas de refrigeración instaladas en cada recinto.

# PISO	# SALON	NOMBRE DEL SALON	TIPO AIRE A.	CAPACIDAD (BTU/H)	MARCA
SOTANO	OO4	Centro de computo	Ventana	24000	Gold Star
			Ventana	24000	Gold Star
	OO6	laboratorio Trilogia	Ventana	12000	LG
	OO7	Sala de Informatica	Mini Split	60000	York
	O10	Materiales II	Ventana	12000	General Electric
			Ventana	12000	General Electric
	O11	Materiales III	Ventana	24000	York
O20	Aula de Clase	Ventana	24000	York	
		Ventana	12000	York	
PRIMERO	103	Postgrados Petroleos	Multi Split	12000	York
	107	Salon Verde	Mini Split	18000	Star Ligth
			Mini Split	18000	Gold Star
	108	Centro Investigacion Gas	Mini Split	24000	Bryant
	108.4	Centro Investigacion Gas	Mini Split	18000	Toshiba
	109	Centro de Estudios	Ventana	24000	LG
			Ventana	24000	LG
	111	Computo Petroleos	Mini Split	36000	Carrier
	113	Salon Rojo	Mini Split	18000	Gold Star
			Mini Split	18000	York
	114	Salon Maestria	Mini Split	18000	Panasonic
	117 a	Secretaria Petroleos	Multi Split	12000	York
	117 b	Direccion Petroleos	Multi Split	18000	York
	128	Grupo Investigacion	Ventana	18000	LG
	131	Grupo Investigacion	Ventana	24000	LG
	135	Sala Azul	Mini Split	36000	Star Ligth
	142	Director Postgrados	Multi Split	12000	York
SEGUNDO	209	Laboratorio Corrosion	Ventana	12000	General Electric
	217	Salon Fundadores	Mini Split	24000	Panasonic
	221	Ciencia y Tecnologia	Mini Split	18000	Panasonic
	226	Campo Escuela Colorado	Tipo Paquete Central	60000	York
	241	Aula de Lodos	Ventana	24000	York
	250	Salon Postgrados	Ventana	24000	Toshiba
TERCERO	303	Direccion Geologia	Mini Split	36000	Carrier
	304	Aula de Clase	Ventana	12000	York
			Ventana	12000	York
	305	Aula de Clase	Mini Split	24000	Star Ligth
	306	Aula de Clase	Mini Split	24000	York
	309	Sala de computo	Mini Split	36000	Carrier
	311	Laboratorio	Ventana	12000	York
			Ventana	24000	York
	312	Laboratorio	Ventana	12000	Silver Nano
			Ventana	24000	York
	313	Aula de Clase	Mini Split	36000	Carrier
314	Oficina Profesores	Tipo Paquete Central	48000	York	
314 E	Oficina Profesor	Mini Split	12000	York	
314 F	Oficina Profesor	Mini Split	12000	York	
		TOTAL BTU/H		1038000	
		TOTAL T.R		86,5	

Tabla 3. Características generales equipos de aire acondicionado Edificio Jorge Bautista Vesga

3.1.4 DETERMINACION DE LA CARGA TERMICA

Por medio de este estudio se determina la carga térmica o la cantidad de calor que debe retirarse de cada salón del edificio Jorge bautista, para alcanzar las condiciones de confort.

El objetivo de un sistema de aire acondicionado para confort es proporcionar comodidad a los ocupantes de un recinto. Para proporcionar esta comodidad es necesario determinar la pérdida y ganancia de calor en cada salón, siendo este un paso importante para proveer confort en la estructura ya que es la base para seleccionar el equipo de enfriamiento adecuado, sabiendo que la capacidad de las unidades de enfriamiento de el equipo debe ser tan iguales a las cargas calculadas como sea posible. Cuando un equipo es subdimensionado no cuenta con la capacidad suficiente para proveer confort a las condiciones de diseño, además de ser antieconómica su operación.

Para el cálculo de la carga de acondicionamiento se tuvieron en cuenta las fuentes que más afectan:

- ✓ Conducción a través de paredes, techos y vidrios al exterior
- ✓ Radiación solar a través de vidrios
- ✓ Alumbrado
- ✓ Personas
- ✓ Equipos Electrodomésticos
- ✓ Infiltración del aire a través de aberturas

En la obtención de la carga de enfriamiento se comenzó identificando que recintos cuentan con un sistema de acondicionamiento de aire, cuya lista se encuentra en la tabla 3. El cálculo de la carga térmica se obtuvo mediante la aplicación del método CLTD/CLF 'Calculo de cargas por temperatura diferencial y factores de carga de enfriamiento', método publicado por ASHRAE, el cual se caracteriza por tener en cuenta el efecto de almacenamiento de calor y de retraso, este cálculo permite obtener un dato más exacto que otros métodos y lleva a una elección de equipos de menor tamaño y eficientes en cuanto a uso de energía. Con base en este método se puede advertir sobre la elección correcta o incorrecta de los equipos existentes en los edificios Jorge Bautista Vesga y Administración I.

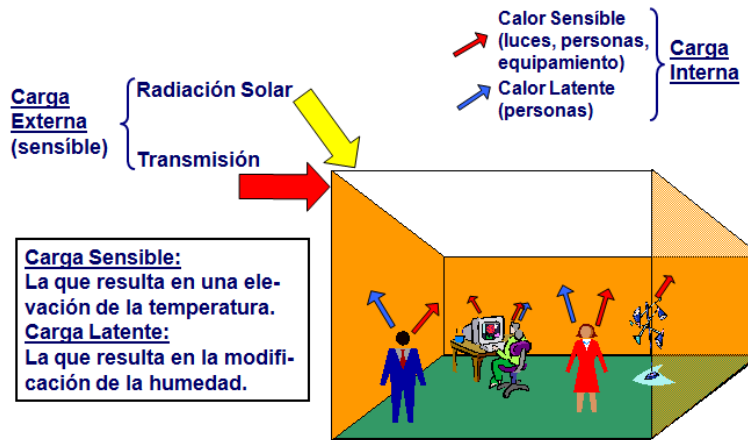


Fig. 12 Definición de Carga Térmica

La base de este método es la ecuación de conducción de calor:

$$Q = U \times A \times DT$$

Donde:

Q = calor transferido

U = coeficiente global de transferencia de calor

A = área de transferencia de calor

DT = diferencia de temperatura

Este método hace variaciones dependiendo de la ganancia de calor.

A través de la estructura exterior:

$$Q = U \times A \times DTCE$$

Donde DTCE = diferencia de temperatura para carga de enfriamiento, F

Los valores de U y DTCE los encontramos en las tablas del anexo 1.

A través de la estructura interior:

$$Q = U \times A \times DT$$

Donde DT = diferencia de temperatura entre los espacios no acondicionados y acondicionados, F.

Radiación solar a través de Vidrios:

$$Q = FGCS \times A \times CS \times FCE$$

Donde

FGCS = factor de ganancia máxima de calor solar, BTU/h-ft

CS = coeficiente de sombreado

FCE = factor de carga de enfriamiento para el vidrio

Para esto se debe tener en cuenta la orientación, la hora solar, latitud y el tipo de vidrio. En las tablas del anexo A se muestran los valores FCSE y FCE

Alumbrado:

$$Q = 3.4 \times W \times FB \times FCE$$

W = capacidad de alumbrado, watts

FB = factor de balastro

FCE = factor de carga de enfriamiento para el vidrio

De acuerdo a algunas consideraciones hechas en el ASHRAE, el valor típico de FB para alumbrado fluorescente e incandescente es 1.25, 1.0. Respectivamente para las condiciones en que se encuentra nuestro recinto se aplica un FCE = 1, de acuerdo al ASHRAE.

Personas:

El calor producido por las personas está compuesto por dos partes: el calor sensible y el calor latente. La energía térmica de toda fuente de calor que afecte la temperatura de un ambiente recibe el nombre de '*Calor Sensible*'. La energía térmica de toda fuente de calor que afecte la humedad relativa de un ambiente recibe el nombre de '*Calor Latente*'.

$$QS = qs \times n \times FCE$$

$$QL = ql \times n$$

Donde:

Qs = ganancia de calor sensible

QL= ganancia de calor latente

qs= ganancia de calor sensible por persona

ql=ganancia de calor latente por persona

n = número de personas

FCE= factor de carga de enfriamiento para las personas

Se debe tener en cuenta la actividad física que realizan las personas, en el anexo 1 se muestran estos valores dependiendo de la actividad que esté realizando la persona, además de los valores de q_s y q_l . Si en la noche se apagan los equipos de aire acondicionado se toma el $FCE = 1$, en nuestro caso este es el valor.

Equipos:

Para algunos equipos la ganancia de calor se puede calcular directamente consultando al fabricante o a los datos de placa del equipo. En el anexo 1 se especifican algunos valores de producción de calor para aparatos eléctricos.

3.1.4.1 Calculo Carga Térmica Tipo. En el siguiente cálculo pretendemos calcular la carga térmica del aula 309 perteneciente a la escuela de geología, el cual cuenta con un sistema de aire acondicionado tipo mini Split, con una capacidad de 36000BTU/h, marca Carrier.

La siguiente tabla nos muestra el inventario hecho para este salón:

Sala de Computo Geología									
área ft ²	518,520	Altura ft	6,069						
vidrios al exterior		fluorescentes		particiones					
orientación	Área ft ²	cantidad	w/h	pared	Área ft ²	DT(°F)	vidrio	Área ft ²	DT(°F)
norte	77,48	12	32	1	144,94	9,2			
Paredes al exterior					Equipos				
orientación	Areaft^2	tipo				tipo	cantidad	w	
						computador	18		
PERSONAS									
Actividad	persona/actividad	horas en el recinto							
parada									
sentada	22	8							

Tabla 4. Modelo de Inventario

A través de la estructura exterior

Techo $Q = 0.082 \times 518.520 \times 26 = 1105,48 \text{ BTU/h}$

Vidrio $Q = 1.04 \times 77.48 \times 13 = 1045 \text{ BTU/h}$

Conducción de la estructura interior

Pared $Q = 0.319 \times 144.94 \times 9.2 = 425.36 \text{ BTU/h}$

Radiación a través de vidrios

Vidrio $Q = 38 \times 77.48 \times 0.64 \times 0.82 = 1545.137 \text{ BTU/h}$

Alumbrado

Fluorescentes $Q = 3.4 \times 384 \times 1.25 \times 1.0 = 1.63 \text{ BTU/h}$

Equipo

Computadores $Q = 1020 \times 18 = 18504 \text{ BTU/h}$

Personas

$Q_s = 230 \times 22 \times 1.0 = 5060 \text{ BTU/h}$

$Q_l = 190 \times 22 = 4180 \text{ BTU/h}$

La siguiente tabla nos muestra la totalización de resultados obtenidos de carga térmica para este salón de clases

TIPO	Q sensible BTU/h	Q latente BTU/h
Estructura exterior	2.150,48	
Estructura interior	425,36	
Radiación a través de vidrios	1.545,137	
alumbrado	1.632,4	
equipos	18.504,3	
personas	5.060	4.180
	29.317,677	4.180
Q total	33.497,677 BTU/h	

Tabla 5. Resultados Carga térmica Tipo

Como vemos el sistema de aire instalado en el aula 309 es favorable con una capacidad de 36000 BTU/h. La tabla siguiente nos muestra de una forma resumida las cargas totales de calor sensible y latente calculadas para cada uno de los salones del edificio Jorge Bautista Vesga.

SALON		CALOR SENSIBLE	CALOR LATENTE	CALOR TOTAL	EXISTENTE BTU/h
carga de refrigeracion primer piso Jorge Bautita Vesga					
Director Postgrados	142	6.917BTU/h	1.140BTU/h	8.057BTU/h	12.000
Postgrados Petroleos	103	6.637BTU/h	1.520BTU/h	8.157BTU/h	12.000
Salon verde	107	21.110BTU/H	6.650BTU/h	27.760.8BTU/h	36000
centro investig gas	108,4	10.939,56BTU/h	760BTU/h	11.699.56BTU/h	18.000
centro investiga gas-	108	15.999,26BTU/h	3.800BTU/h	19.799,26BTU/h	24.500
centro de estud petroleos	-109	49.752btu/H	9.500btu/H	46.252btu/h	48000
centor de computo	-111	22.960,5BTU/h	4.750BTU/h	27.710,50BTU/h	36.000
salon rojo	-113	25.587,97BTU/h	7.600BTU/h	33.187,97BTU/h	36000
salon maestria	-114	21.826,33BTU/h	4.750BTU/h	18.576,33BTU/h	18.000
grupo investigacion	-131	16.798.448BTU/h	1.330BTU/h	18.128.448BTU/h	24.000
modelamiento de procesos	-133	24.946,953BTU/h	2.850BTU/h	27.796,953BTU/h	36.000
salon azul	-135	27.938,66BTU/h	6.650BTU/h	34.588,66BTU/h	36.000
secretaria petroleos	-117	11.897,4BTU/h	760BTU/h	12.657,40BTU/h	12.000
direccion de petroleos	-117a	11.9333,37BTU/h	570BTU/h	12.503,37BTU/h	18.000
grupo de invest pozos	-128	5.910BTU/h	570BTU/h	6.480BTU/h	12.000
carga de refrigeracion segundo piso Jorge Bautista Vesga					
SALON		CALOR SENSIBLE	CALOR LATENTE	CALOR TOTAL	EXISTENTE BTU/h
aula de lodos	-241	15.971,824BTU/h	6.650BTU/h	22.621.824BTU/h	24.000
campo escuela	-226	43.639,58BTU/h	3.850BTU/h	47.489.582BTU/h	60.000
salon fundadores	-217	31.874,5BTU/h	12.730BTU/h	24.604,504BTU/h	24.000
laboratorio corrosion	-209	20.695BTU/h	2.275BTU/h	12.970,80BTU/h	12.000
salon posgrados	-250	13.750,25BTU/h	6.375BTU/h	20.125,25BTU/h	24.000
ciencia y tecnologia	-221	15.848,846BTU/h	8.325BTU/h	24.173,846BTU/h	18.000
carga de refrigeracion tercer piso Jorge Bautista vesga					
SALON		CALOR SENSIBLE	CALOR LATENTE	CALOR TOTAL	EXISTENTE BTU/h
laboratorio	-311	29.880,38BTU/h	5.100BTU/h	34.980,38BTU/h	36.000
laboratorio	-312	2.8671BTU/h	5.329BTU/h	34.000BTU/h	36.000
Aula de Clase	313	28.761,68BTU/h	5.100BTU/h	33.861,68BTU/h	36.000
Aula de Clase	306	14.930BTU/h	6.650BTU/h	21.580.0064BTU/h	24.000
Aula de clase	305	13.808BTU/h	6.528BTU/h	20.328BTU/h	24.000
Aula de clase	304	14.446,26BTU/h	6.732BTU/h	21.178,26BTU/h	24000
sala de computo	-309	29.317,677BTU/h	4.180BTU/h	33.497,677BTU/h	36000
oficina profesores	-314	38.483,91BTU/h	3.825BTU/h	42308,91BTU/h	48.000
Oficina Profesor	314E	9.738,3BTU/h	7.65BTU/h	10.503,30BTU/h	12.000
Oficina profesor	314F	3.093,45BTU/h	6.342BTU/h	9.435,45BTU/h	12.000
direccion geologia	-303	30.602BTU/h	2.840BTU/h	33.442,8BTU/h	36.000
carga de refrigeracion sotano Jorge Bautista Vesga					
SALON		CALOR SENSIBLE	CALOR LATENTE	CALOR TOTAL	EXISTENTE BTU/h
centor de computo	-004	26.108,49BTU/h	6.375BTU/h	32.483,493BTU/h	48000
laboratorio tribologia	-006a	9.056.25BTU/h	1.785BTU/h	10.841.25BTU/h	12000
sala informatica	-007	37.476,276BTU/h	5.625BTU/h	43.101,276BTU/h	60.000
materiales II	-011	19.781.488BTU/h	2.250BTU/h	12.031,48BTU/h	12.000
materiales II fondo		20.029,9BTU/h	2.550BTU/h	12.579,989BTU/h	12.000
materiales III	-012	20.529,31BTU/h	2.249BTU/h	22.778,31BTU/h	24.000
materiales III fondo		20.520,31BTU/h	2.249BTU/h	22.778.31BTU/h	24.000
aula clase	020	14.519,22BTU/h	6.270BTU/h	10.789,22BTU/h	12.000

Tabla 6. Resumen de Cargas Térmicas Edificio Jorge Bautista Vesga

3.1.5 Estudio Eléctrico Edificio Jorge Bautista Vesga

El edificio Jorge Bautista Vesga cuenta con diferentes dispositivos que funcionan con energía eléctrica, para abastecer la demanda eléctrica, el edificio se alimenta de la red pública aérea de media tensión (13.2 kV), circuito # 26507, y mediante diferentes equipos eléctricos (transformadores de potencia trifásico, de corriente, cortacircuitos, pararrayos, puesta a tierra), se reduce la tensión para llevarla a un nivel adecuada de funcionamiento. La red aérea de media tensión llega a la subestación de eléctrica antigua a un barraje premoldeado 15kV-600 amp. De este punto se toma la salida para suministrar o abastecer la Subestación del edificio Jorge Bautista Vesga, en donde se encuentra un transformador trifásico de 150 kVA, 13200/(214-123.6)V±2.5% en conexión Dy5, seccionador en aceite y fusible de expulsión de 15 _amp – 15.5kV, llegando así a un nivel de tensión adecuado para el suministro. Cabe resaltar que la empresa comercializadora que provee la energía al campus central de la Universidad Industrial de Santander es CENCOL (comercializadora energética nacional colombiana S.A), la universidad está clasificada está clasificado en el Nivel 2 y es un usuario no regulado.

Para determinar el consumo de energía de los equipos de aire acondicionado del Edificio Jorge Bautista Vesga, se procedió a realizar las diferentes medidas con la pinza amperimétrica de forma simultánea con la medición de la parte térmica. Con los datos promedios de potencia de funcionamiento de los equipos, se procedió a consultar tanto en la escuela de Ingeniería de petróleos, Ingeniería Metalúrgica y geología los horarios de uso y frecuencia de cada uno de estos equipos durante la semana para determinar así el consumo de energía eléctrica en el edificio.

La siguiente tabla nos muestra un resumen del consumo de potencia del edificio Jorge Bautista y los costos energéticos que incurren en esta demanda.

NOMBRE DEL SALON	CAPACIDAD (BTU/H)	POTENCIA MEDIDA(kw)	k/h(pesos)	Horas semanales de Uso	Costo Semanal (\$ pesos)
Centro de computo	24000	2,6	256.88	25h	16697,2
	24000	2,63	256.88	25h	16889,86
laboratorio Trilogia	12000	1,05	256.88	40h	10788,96
Sala de Informatica	60000	7,15	256.88	50h	91834,6
Materiales II	12000	0,65	256.88	25h	4174,3
	12000	0,78	256.88	25h	5009,16
Materiales III	24000	2,45	256.88	24h	15104,5
	24000	2,55	256.88	24h	15721,06
Aula de Clase	12000	1,03	256.88	37h	9789,69
Postgrados Petroleos	12000	0,95	256.88	50h	12201,8
Salon Verde	18000	1,35	256.88	47h	16299,04
	18000	1,65	256.88	47h	19921,04
Centro Investigacion Gas	24000	2,15	256.88	50h	27614,6
Centro Investigacion Gas	18000	1,5	256.88	50h	19266
Centro de Estudios	24000	2,55	256.88	50h	32752,2
	24000	2,63	256.88	50h	33779,72
Computo Petroleos	36000	3,46	256.88	42h	37329,8
Salon Rojo	18000	1,65	256.88	36h	15258,67
	18000	1,04	256.88	36h	9617,58
Salon Maestria	18000	1,18	256.88	46 h	13943,44
Secretaria Petroleos	12000	0,97	256.88	40h	9966,94
Direccion Petroleos	18000	1,05	256.88	42h	11328,41
Grupo Investigacion	18000	1,68	256.88	50h	21577,92
Grupo Investigacion	24000	2,67	256.88	50h	34293,48
Sala Azul	36000	3,24	256.88	60h	49937,47
Director Postgrados	12000	0,82	256.88	50h	10532,08
Laboratorio Corrosion	12000	0,65	256.88	40h	6678,88
Salon Fundadores	24000	2,13	256.88	40h	21866,18
Ciencia y Tecnologia	18000	1,17	256.88	32h	9617,58
Campo Escuela Colorado	60000	6,82	256.88	50h	87596,08
Aula de Lodos	24000	2,25	256.88	35h	21128,38
Salon Postgrados	24000	2,35	256.88	25h	15091,7
Direccion Geologia	36000	3,45	256.88	42h	37221,91
Aula de Clase	12000	0,84	256.88	58h	12515,19
	12000	0,75	256.88	58h	11174,28
Aula de Clase	24000	2,27	256.88	49h	28572,76
Aula de Clase	24000	1,92	256.88	41h	20221,59
Sala de computo	36000	3,42	256.88	22h	19327,65
Laboratorio	12000	0,85	256.88	37h	8078,88
	24000	2,39	256.88	37h	22715,89
Laboratorio	12000	0,94	256.88	28h	6761,08
	24000	2,36	256.88	28h	16974,63
Aula de Clase	36000	3,45	256.88	32h	28359,552
Oficina Profesores	48000	5,65	256.88	40h	58054,88
Oficina Profesor	12000	0,84	256.88	20h	4315,58
Oficina Profesor	12000	0,75	256.88	20h	3853,2

Tabla 7. Consumo y costo semanal edificio Jorge Bautista Vesga

TOTAL BTU/H		1038000
TOTAL T.R		86,5
POTENCIA TOTAL(kW)	96,68	
\$ COSTO TOTAL POR SEMANA (PESOS)		1001755,392

Para determinar el cálculo del costo semanal, se tuvo en cuenta que el precio cobrado a la universidad es \$256.88 kW/h , tarifa del mes de Septiembre.

3.2 EDIFICIO ADMINISTRACION I

Esta sección tiene como fin principal la descripción detallada de los componentes de aire acondicionado con los que cuenta el edificio de administración I, así como el consumo de energía que presenta.

3.2.1 Descripción General

El edificio Administración I se encuentra dentro del campus principal de la Universidad Industrial de Santander y cuenta con una totalidad de 4 pisos. En el primer piso del edificio se encuentra la sección de división financiera, contabilidad tesorería, control interno y evaluación de gestiones además de caja y carnetización. El segundo piso corresponde a la división de recursos de información y servicios de información, la vicerrectoría académica y la sección de admisiones. El tercer piso corresponde a secretaria general, vicerrectoría administrativa y rectoría. El cuarto piso corresponde a la dirección de contratación y proyectos de inversión, comunicaciones y planeación.

El edificio cuenta con 10 equipos tipo paquete o dividido, 10 equipos tipo Mini Split y 2 equipos tipo ventana.

3.2.2 Listado De Equipos De Aire Acondicionado Del Edificio Administración I

La siguiente tabla nos muestra de una manera resumida el listado de equipos pertenecientes al edificio de administración I, su marca, potencia en placa, ubicación y tipo de aire.

NOMBRE DEL SALON	TIPO AIRE A.	CAPACIDAD (BTU/H)	MARCA	POTENCIA PLACA(kW)
Recursos humanos	Paquete-Central	96000	Carrier	10
Admisiones	Paquete-Central	180000	LG	20
Secretaria Rectoria	Mini Split	18000	York	1.95
Sala de Rectoria	Paquete-Central	60000	York	6.2
Division de servicios I	Paquete-Central	240000	Paramo	25
Sala de Concejo	Paquete-Central	36000	Thermoandina	3.7
Equipo Gerencial	Mini Split	12000	York	1.1
	Mini Split	12000	York	1.1
	Mini Split	9000	York	0.86
Planeacion	Paquete-Central	60000	York	6.4
		60000	York	6.4
Division Financiera	Paquete-Central	120000	Paramo	12.6
Vicerectoria Academica	Paquete-Central	120000	Paramo	12.6
Contabilidad-Tesoreria	Paquete-Central	120000	Climatec	12.7
Vicerectoria Academica	Mini Split	22000	Temstar	2.2
	Mini Split	22000	Temstar	2.2
Secretaria General	Paquete-Central	60000	Carrier	6.4
Vicerectoria Ad/mon	Mini Split	18000	Temstar	1.6
Caja	Mini Split	12000	York	2.3
Carnetizacion	Mini Split	12000	York	2.3
Vicerectoria Ad/mon	Ventana	12000	Toshiba	1,3
Secretaria Rectoria	Mini Split	18000	York	1.95
Comunicaciones	Ventana	12000	York	1,1
TOTAL BTU/H		1331000		
TOTAL T.R		110.09		

Tabla 8.Listado de equipos del edificio Administración I

3.2.3 Determinación De La Carga Térmica Edificio Administración

La siguiente tabla nos muestra de una manera resumida las cargas térmicas obtenidas en el edificio de Administración I. Para obtener estas cargas seguimos el procedimiento realizado que se utilizo en el cálculo tipo para el edificio Jorge Bautista Vesga. La tabla muestra tanto la carga sensible, latente y total, así como la capacidad actual del equipo perteneciente a esa área.

AREA	CALOR SENSIBLE	CALOR LATENTE	CALOR TOTAL	EXISTENTE BTU/h
Carga de Refrigeracion Edificio Administracion I				
Admisiones	128125BTU/h	38000BTU/h	166125BTU/h	180.000
Secretaria Rectoria	12726BTU/h	4550BTU/h	17276BTU/h	18.000
Sala de Rectoria	45645BTU/H	5750BTU/h	51395TU/h	60000
recursos humanos	76525BTU/h	8225BTU/h	84750BTU/h	96.000
Division Servicios I	185250BTU/h	23125BTU/h	208375BTU/h	240.000
Sala de concejo	22980,5Btu/H	3500Btu/H	26480.5Btu/h	36000
Equipo gerencial	6817BTU/h	1150BTU/h	7967BTU/h	12.000
	5715BTU/h	1100BTU/h	6815BTU/h	12000
	4520BTU/h	975BTU/h	5495BTU/h	9.000
Planeacion	53150BTU/h	9250BTU/h	62400BTU/h	60.000
	48250BTU/h	9720BTU/h	57970BTU/h	60.000
Division Financiera	87250BTU/h	11525BTU/h	98775BTU/h	120.000
Contabilidad-Tesoreria	88225BTU/h	11050BTU/h	93275TU/h	120.000
Vicerectoria Academica	82350BTU/h	9870BTU/h	92220BTU/h	120.000
	16720BTU/h	2540BTU/h	19260BTU/h	22.000
	17352BTU/h	3650BTU/h	20975BTU/h	22.000
Secretaria General	46725BTU/h	5630BTU/h	52355BTU/h	60.000
Vicerectoria Ad/mon	13525BTU/h	3220BTU/h	16745BTU/h	18.000
	7120BTU/h	2530BTU/h	9650BTU/h	12.000
Caja	5120BTU/h	1050BTU/h	6170BTU/h	12.000
Carnetizacion	4750BTU/h	985BTU/h	5735BTU/h	12.000
Secretaria rectoria	13350BTU/h	2820BTU/h	16170BTU/h	18.000
Comunicaciones	5210BTU/h	1325BTU/h	6535BTU/h	12.000

Tabla 9. Resumen de cargas térmicas Edificio Administración I

3.2.4 Estudio Eléctrico Edificio Administración I

El edificio Administración I cuenta con diferentes dispositivos que funcionan con energía eléctrica, para abastecer esta demanda eléctrica el edificio se alimenta de la red pública aérea de media tensión (13.2 kV), circuito # 26507, y mediante diferentes equipos eléctricos (transformadores de potencia trifásico, de corriente, cortacircuitos, pararrayos, puesta a tierra), se reduce la tensión para llevarla a un nivel adecuada de funcionamiento. La red aérea de media tensión llega a la subestación de eléctrica antigua a un barraje premoldeado 15kV-600 amp. De este punto se toma la salida para suministrar o abastecer la Subestación del edificio de Biblioteca y de allí se alimenta la subestación de Administración I en donde se encuentran dos transformadores, uno trifásico de 75 kVA, 13200/(214-123.6)V±2.5% en conexión Dy1 y el otro trifásico de 200 kVA 11400/(208-120)

V \pm 2.5% en conexión Dy5, llegando así a un nivel de tensión adecuado para el suministro. Para determinar el consumo de energía de los equipos de aire acondicionado de Administración I, se procedió a realizar las diferentes medidas con la pinza amperimétrica de forma simultánea con la medición de la parte térmica. La siguiente tabla nos muestra un resumen del consumo de potencia del edificio Administración I y los costos energéticos que incurren en esta demanda.

NOMBRE DEL SALON	CAPACIDAD (BTU/H)	POTENCIA MEDIDA(kW)	k/h(pesos)	Horas semanales de Uso	Costo Semanal (\$ pesos)
Admisiones	180000	19,55	256.88	50h	251100,2
Secretaria Rectoria	18000	1,75	256.88	50h	22477
Sala de Rectoria	60000	6,13	256.88	50h	78733,72
Division de servicios I	240000	23,4	256.88	50h	300549,6
Sala de Concejo	36000	3,64	256.88	50h	46752,16
Equipo Gerencial	12000	0,86	256.88	50h	11045,84
	12000	0,88	256.88	50h	11302,72
	9000	0,65	256.88	50h	8348,6
Planeacion	60000	6,15	256.88	50h	78990,6
	60000	6,14	256.88	50h	78862,16
Division Financiera	120000	12,37	256.88	50h	158880,28
Vicerectoria Academica	120000	12,24	256.88	50h	157210,56
Contabilidad-Tesoreria	120000	12,52	256.88	50h	160806,88
Vicerectoria Academica	22000	1,95	256.88	50h	25045,8
	22000	2,03	256.88	50h	26073,32
Secretaria General	60000	5,95	256.88	50h	76421,8
Vicerectoria Ad/mon	18000	1,55	256.88	50h	19908,2
Caja	12000	2,18	256.88	50h	27999,92
Carnetizacion	12000	2,15	256.88	50h	27614,6
Vicerectoria Ad/mon	12000	1,16	256.88	50h	14899,04
Secretaria Rectoria	18000	1,85	256.88	50 h	23761,4
Comunicaciones	12000	0,85	256.88	50h	10917,4

Tabla 10. Consumo y costo semanal Edificio Administración I

TOTAL BTU/H	1331000
TOTAL T.R	110.09
POTENCIA TOTAL(kW)	135,45

\$ COSTO TOTAL POR SEMANA

(PESOS)

1739719,8

3.3 EDIFICIO ADMINISTRACION II

En esta sección se describe el sistema de refrigerante multivariable que se encuentra actualmente funcionando en el edificio de Administración II, sus características principales y consumo energético

3.3.1 Características Generales

El edificio Administración II se encuentra dentro del campus principal de la Universidad Industrial de Santander y cuenta con una totalidad de 5 edificios. En el primer piso se ubican las dependencias de contratación y la oficina de relaciones exteriores. Este primer piso cuenta con diez unidades evaporadoras, seis corresponden al tipo wall mount y cuatro al tipo cassette, que se derivan de la unidad condensadora número uno ubicada en la cubierta del edificio. En el segundo piso de este edificio están ubicadas las oficinas de dirección general de regionalización de proyectos especiales vice administrativos y la de emprendimiento. Este piso cuenta con diez unidades evaporadoras, que son manejadas por la unidad condensadora dos ubicada en la cubierta, cuatro son del tipo wall mount y seis son del tipo cassette. El tercer piso del edificio corresponde en su totalidad para el insed, allí se encuentra el centro de información, sala de cómputo, sala de profesores y coordinación administrativa. Allí están ubicadas diez unidades evaporadoras internas, una tipo wall mount y nueve tipo cassette. En el cuarto piso se ubican las oficinas de edición de revistas y coordinación de programas y proyectos. En este piso se ubican doce unidades evaporadoras, cuatro son del tipo wall mount y ocho son del tipo cassette. El quinto piso corresponde a las oficinas de vicerrectoría y dirección de investigación y extensión. Este piso cuenta con diez unidades evaporadoras internas, seis del tipo wall mount y cuatro tipo cassette. En el último piso se encuentra la terraza del edificio y allí están ubicadas las unidades condensadoras.

El sistema de aire acondicionado del edificio de Administración II, está conformado por cinco (5) sistemas de refrigerante variable conformado por cinco (5) unidades exteriores, red interna de tuberías para refrigerante y múltiples unidades evaporadoras del tipo UEW y tipo UEC.

Con esto la universidad industrial de Santander entra a formar parte en la era de la tecnología del flujo de refrigerante variable, un sistema global que se adapta a las condiciones reales de confort y además permitiendo un ahorro de energía y costos. Este sistema cuenta con diferentes características que lo hacen sobresaliente frente a los demás.

Dentro de estas características esta (el poder contar) con temperaturas independientes, es decir la temperatura de una oficina puede ser diferente a la de la otra utilizando el mismo equipo de aire acondicionado, pudiendo graduarla, encenderla y apagarla cuando se requiera sin afectar las condiciones de los otros ambientes y además logrando que cada uno pueda obtener su temperatura ideal. Estos sistemas están diseñados para eliminar de una manera eficaz el polvo, los olores de alimentos y tabaco, y la actuación antibacterial.

Con este tipo de dispositivo introducido en estos sistemas se evita el desarrollo de enfermedades como el asma y alergias respiratorias. Adicionalmente se tiene la opción de manejar las unidades interiores con un control remoto inalámbrico, un pc control o por internet. Esta tecnología funciona con dos compresores que funcionan en el 40% o 60% de acuerdo a la necesidad de carga térmica que exista en comparación con los sistemas convencionales que utilizan un solo compresor que funciona de manera permanente al total de su capacidad. Esto significa un ahorro de energía notorio, alrededor del 35%, en comparación con los sistemas tradicionales de aire acondicionado. Según las condiciones de carga uno o los dos compresores funcionarían para alcanzar el ajuste deseado. Si la demanda es baja el compresor más pequeño funciona hasta que el valor de carga supere el 40% , entonces este compresor saldrá de servicio , habilitando mediante un

microprocesado el otro compresor que operara hasta el 60% de la potencia , si se necesitara mas potencia entrarían al funcionamiento los dos compresores al tiempo para así alcanzar el 100% de potencia. El refrigerante utilizado es el gas freon R12(CFC).



Fig 13. Unidades exteriores Sistema Refrigerante Variable Edificio Administración II

3.3.2 Listado de equipos pertenecientes al sistema de refrigerante variable instalado en el edificio de administración II

La siguiente lista muestra los equipos pertenecientes al edificio, así como la cantidad presupuestada y la cantidad ejecutada de estos equipos. Además el precio de cada uno de ellos.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Parcial contratado	Cantidad ejecutada	Parcial ejecutado
1	EQUIPOS - SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO POR REFRIGERANTE VARIABLE: SRV 01/02/03/04/05						
1,1	Suministro unidades condensadoras exteriores: UC 01/02/03/04/05						
1.1.1	Suministro unidad Condensadora UC-01	UN	1,00	\$ 13.540.197	\$ 13.540.197	1,00	\$ 13.540.197
1.1.2	Suministro unidad Condensadora UC-02	UN	1,00	\$ 13.540.197	\$ 13.540.197	1,00	\$ 13.540.197
1.1.3	Suministro unidad Condensadora UC-03	UN	1,00	\$ 13.540.197	\$ 13.540.197	1,00	\$ 13.540.197
1.1.4	Suministro unidad Condensadora UC-04	UN	1,00	\$ 13.540.197	\$ 13.540.197	1,00	\$ 13.540.197
1.1.5	Suministro unidad Condensadora UC-05	UN	1,00	\$ 13.540.197	\$ 13.540.197	1,00	\$ 13.540.197
			Subtotal capítulo 1.1		\$ 67.700.985		\$ 67.700.985
1,2	Suministro unidades evaporadoras interiores UEW (Wall Mount)						
1.2.1	Tamaño 7000 BTU/H	UN	1,00	\$ 790.303	\$ 790.303	1,00	\$ 790.303
1.2.2	Tamaño 9000 BTU/H	UN	8,00	\$ 987.879	\$ 7.903.032	9,00	\$ 8.890.911
1.2.3	Tamaño 12000 BTU/H	UN	11,00	\$ 1.065.409	\$ 11.719.499	10,00	\$ 10.654.090
1.2.4	Tamaño 18000 BTU/H	UN	1,00	\$ 1.280.492	\$ 1.280.492	1,00	\$ 1.280.492
			Subtotal capítulo 1.2		\$ 21.693.326		\$ 21.615.796
1,3	Suministro unidades evaporadoras interiores UEC (Cassette)						
1.3.1	Tamaño 7000 BTU/H	UN	2,00	\$ 1.222.969	\$ 2.445.938	2,00	\$ 2.445.938
1.3.2	Tamaño 9000 BTU/H	UN	5,00	\$ 1.297.998	\$ 6.489.990	7,00	\$ 9.085.986
1.3.3	Tamaño 12000 BTU/H	UN	8,00	\$ 1.645.632	\$ 13.165.056	10,00	\$ 16.456.320
1.3.4	Tamaño 18000 BTU/H	UN	10,00	\$ 1.700.653	\$ 17.006.530	10,00	\$ 17.006.530
1.3.5	Tamaño 21000 BTU/H	UN	5,00	\$ 1.700.653	\$ 8.503.265	-	\$ 0
1.3.6	Tamaño 24000 BTU/H	UN	1,00	\$ 2.020.776	\$ 2.020.776	4,00	\$ 8.083.104
			Subtotal capítulo 1.3		\$ 49.631.555		\$ 53.077.878

Tabla 11. Listado equipos aire acondicionado administración II

Como se muestra en la tabla 10, la cantidad de unidades exteriores es de 5, y la cantidad de unidades evaporadoras interiores tipo cassette y wall mount es de 54 unidades.

La siguiente tabla presenta la ubicación de las unidades evaporadoras interiores del sistema de refrigerante variable instalado en el edificio de Administración II.

Evaporadora	Ubicación	Modelo	Serial	Cantidad
Unidad Interior UEW 7000 BTU/H	Profesional 1 Edición de Revistas Vice Investigaciones	LRNU07GSEAO	707KAYR00010	1
Unidad Interior UEW 9000 BTU/H	Profesional 1 Contratación	LRNU09GSEAO	710KARW00006	9
	Profesional 4 Contratación	LRNU09GSEAO	710KACA00011	
	Profesional Relaciones Exteriores	LRNU09GSEAO	707KAWQ00001	
	Profesional 1 Regionalización	LRNU09GSEAO	710KAJP00004	
	Coordinadora Administrativa Insed	LRNU09GSEAO	710KAPB00008	
	Coordinador Programas y Proyectos Vice Investigaciones	LRNU09GSEAO	710KAFX00003	
	Proyectos Especiales No. 3 Vice Investigaciones	LRNU09GSEAO	710KAWQ00001	
Unidad Interior UEW 12000 BTU/H	DIEF No. 1 Vice Investigaciones	LRNU09GSEAO	710KABF00005	10
	Director Transferencia de Conocimiento Vice Investigaciones	LRNU09GSEAO	710KAXV00002	
	Director Contratación	LRNU12GSEAO	707KAFX00003	
	Sala de Juntas Contratación	LRNU12GSEAO	707KAXV00002	
	Director Relaciones Exteriores	LRNU12GSEAO	707KAWQ00001	
	Director Control Interno	LRNU12GSEAO	710KAPB00008	
	Profesional 1-2 Control Interno	LRNU12GSEAO	710KAQJ00012	
	Director Regionalización	LRNU12GSEAO	710KAWQ00001	
	Proyectos Especiales No. 4 Vice Investigaciones	LRNU12GSEAO	710KAGS00015	
	DIEF No. 4 Vice Investigaciones	LRNU12GSEAO	710KALC00016	
Unidad Interior UEW 18000 BTU/H	DIEF No. 5 Vice Investigaciones	LRNU12GSEAO	710KACA00011	1
	Vicerrector de Investigaciones	LRNU12GSEAO	710KAZK00013	
	Sala de Juntas Vice Investigaciones	LRNU18GTEAO	710KABF00005	

Evaporadora	Ubicación	Modelo	Serial	Cantidad
Unidad Interior UEC 7000 BTU/H	Proyectos Especiales 1 Vice Investigaciones	LRNU07GTJAO	705KASL00022	2
	Proyectos Especiales 2 Vice Investigaciones	LRNU07GTJAO	710KAQJ00012	
Unidad Interior UEC 9000 BTU/H	Hall acceso piso 1	LRNU09GTJAO	611KAGS00063	7
	Hall acceso piso 2	LRNU09GTJAO	611KANY00023	
	Hall acceso piso 3	LRNU09GTJAO	611KALC00016	
	Hall acceso piso 4	LRNU09GTJAO	611KANG00057	
	DIEF No. 02	LRNU09GTJAO	611KAQJ00060	
	DIEF No. 03	LRNU09GTJAO	710KALC00016	
Unidad Interior UEC 12000 BTU/H	Hall acceso piso 5	LRNU09GTJAO	710KAWQ00001	10
	Profesional 2-3 Contratación	LRNU12GTEAO	705KAWQ00009	
	Hall acceso Control Interno	LRNU12GTEAO	705KASL00022	
	Tutores Insed	LRNU12GTEAO	705KARW00038	
	Tutores Insed	LRNU12GTEAO	705KAXW00034	
	Sala de Computo Insed	LRNU12GTEAO	705KAFX00011	
	Profesional Dirección de Postgrados	LRNU12GTEAO	705KAJP00036	
	Director de Postgrados	LRNU12GTEAO	705KABF00037	
	Edición de revistas	LRNU12GTEAO	705KAYR00018	
	Edición de revistas	LRNU12GTEAO	705KAMZ00003	
Unidad Interior UEC 18000 BTU/H	Sala de Juntas Edición de Revistas	LRNU12GTEAO	705KARW00014	10
	Secretaría Contratación	LRNU18GTEAO	710KAPB00008	
	Relaciones Exteriores	LRNU18GTEAO	710KAJP00004	
	Sala de Juntas Regionalización	LRNU18GTEAO	710KAWQ00025	
	Gestión de Calidad	LRNU18GTEAO	710KAVH00007	
	Secretaria Coordinación Administrativa Insed	LRNU18GTEAO	710KABF00005	
	Tutores Insed	LRNU18GTEAO	710KARW00006	
	Sala de Computo Insed	LRNU18GTEAO	707KASL00014	
	Sala de Computo Insed	LRNU18GTEAO	710KAXV00002	
	Secretaría DIEF	LRNU18GTEAO	710KATM00017	
Unidad Interior UEC 24000 BTU/H	Profesionales Vice Investigaciones	LRNU18GTEAO	710KAWQ00001	4
	Profesional 3-4 Control Interno	LRNU24GTHAO	702KABF00037	
	Profesional 2-3-4-5 Regionalización	LRNU24GTHAO	611KAGS00015	
	Sistemas Insed	LRNU24GTHAO	702KAMZ00027	
	Secretaría Proyectos Especiales	LRNU24GTHAO	702KARW00038	

Tabla 12. Ubicación unidades exteriores e interiores edificio administración II

3.3.3 Determinación de la carga térmica del edificio administración II

La siguiente tabla muestra de manera resumida el calor total calculado para cada recinto del edificio y el tamaño del equipo sugerido para esos volúmenes.

AREA	CALOR TOTAL BTU	TAMANO NOMINAL	UNIDAD
Carga de Refrigeracion Edificio Administracion II			
PISO 1 -SISTEMA SRV-01			
Hall de Acceso	7300	9000	UEC-04/S1
OFICINA RELACIONES EXTERIORES			
Oficina Jefe de Departamento	7500	12000	UEW-02/S1
Recepcion Secretaria y Profesiona	16400	21100	UEC-03/S1
Sala de Juntas	6700	9000	UEW-01/S1
CONTRATACION			
Secretaria y Auxiliares	16100	18000	UEC-07/S1
Mesa de Juntas	12700	12000	UEW-05/S1
Profesionales (4 ofic) + Auxiliares	24000		
Profesional 1		9000	UEW-08/S1
Profesionales 2 y 3		12000	UEC-09/S1
Profesional 4		9000	UEW-10/S1
Oficina Jefe Dpto Contratacion	8900	12000	UEW-06/S1
Parcial Piso	99600	123000	
PISO 2-SISTEMA SRV-02			
Hall de Acceso	8000	9000	UEC-04/S2
REGIONALIZACION			
Secretaria y Profesionales	30300		
Hall de Acceso + Secretaria		12000	UEW-03/S2
Profesionales		24000	UEC-07/S2
Sala de Juntas 1	13700	18000	UEC-05/S2
Jefe de Departamento	8100	9000	UEW-02/S2
Oficina de Proyectos Especiales Vi	17100	18000	UEC-01/S2
OFICINA DE EMPRENDIMIENTO			
Auxiliar y Profesional	9900	12000	UEC-06/S2
Jefe de Departamento	9400	12000	UEW-08/S2
Sala de Juntas 2	10800	12000	UEW-09/S2
Profesionales	19000	21000	UEC-10/S2
Parcial Piso	126300	147000	

PISO 3-SISTEMA SRV-03			
SALA DE COMPUTO			
Sala de Computo	47300		
		18000	UEC-02/S3
		12000	UEC-03/S3
		18000	UEC-04/S3
Hall de Acceso	8500	9000	UEC-05/S3
Oficina profesores INSED 1	12900	18000	UEC-07/S3
Oficina profesores INSED 2	23100	12000	UEC-09/S3
		12000	UEC-10/S3
SECCION COORDINACION			
Coordinacion Administrativa	13000	18000	UEC-06/S3
Jefe Coordinacion Administrativa	7500	9000	UEW-08/S3
Centro de Informacion INSED	19700	21000	UEC-01/S3
Parcial piso	132000	147000	
PISO 4-SISTEMA SRV-04			
Hall de Acceso	8500	9000	UEC-05/S4
PROYECTOS ESPECIALES	11300	12000	UEC-03/S4
Cubiculo Proyectos Especiales	20400	21000	UEC-06/S4
Cubiculo 1 - Hall	20800	12000	UEC-01/S4
Cubiculo 2 Oeste - secretaria		12000	UEC-02/S4
Cubiculo 3 Sur	6800	7000	UEW-04/S4
INVESTIGACION-EXTENSION			
Secretarias-Auxiliares-Hall	18800	21000	UEC-07/S4
Director de Investigacion I	7000	9000	UEW-09/S4
Director de Investigacion II	6400	7000	UEC-10/S4
Director de Investigacion III	6400	7000	UEC-11/S4
Director de Investigacion VI	7200	9000	UEW-12/S4
Director de Investigacion V	9200	12000	UEW-08/S4
Parcial piso	122800	138000	
PISO 5-SISTEMA SRV-05			
Hall de Acceso	8000	9000	UEC-03/S5
PROGRAMAS Y PROYECTOS			
Secretarias - Pasillo - Archivo	13200	18000	UEC-06/S5
Coordinador	7800	9000	UEW-08/S5
Profesional 1-2	14600	18000	UEC-09/S5
Profesional 3	9600	12000	UEW-10/S5
Oficina Auxiliares	10300	12000	UEW-07/S5
VICERECTORIA INVESTIGACION			
Secretaria - Profesionales	17600	18000	UEC-01/S5
Sala de Juntas	12300	18000	UEW-05/S5
transferencia de conocimiento	8900	9000	UEW-04/S5
Vicerector de Investigaciones	11400	12000	UEW-02/S5
Parcial piso	113700	135000	
TOTAL EDIFICIO	594600	690000	
TOTAL T.R		57.5	

Tabla 13. Carga térmica edificio administración II

3.3.4. Estudio Eléctrico Edificio Administración II

El edificio Administración II cuenta con diferentes dispositivos que funcionan con energía eléctrica, para abastecer esta demanda eléctrica el edificio se alimenta de la red pública aérea de media tensión (13.2 kV), circuito # 26507, y mediante diferentes equipos eléctricos (transformadores de potencia trifásico, de corriente, cortacircuitos, pararrayos, puesta a tierra), se reduce la tensión para llevarla a un nivel adecuada de funcionamiento. La red aérea de media tensión llega a la subestación de eléctrica antigua a un barraje premoldeado 15kV-600 amp. De este punto se toma la salida para suministrar o abastecer la Subestación del edificio de Biblioteca y de allí se alimenta la subestación de Administración I. De esta subestación se toma el punto de salida que abastece la subestación del edificio de Administración II en donde se encuentran un transformador trifásico de 300 kVA, 13200/(214-123.6)V±2.5% en conexión Dy5 y llegando así a un nivel de tensión adecuado para el suministro. Para determinar el consumo de energía de los equipos de aire acondicionado de Administración II, se procedió a realizar las diferentes medidas de potencia del tablero general de baja tensión a las diferentes unidades condensadoras (unidad 1, unidad 2, unidad 3, unidad4 y unidad 5) que son las que suplen las unidades interiores.

EDIFICIO ADMINISTRACION II				
Unidad	Capacidad(BTU/H)	Potencia(Kw)	Horas semanales de Uso	Costo Semanal en pesos(\$)
condensadora1	114700	6.1	50	\$ 78.348
Condensadora2	114700	5.46	50	\$ 7.012.824
Condensadora3	114700	6.21	50	\$ 7.976.124
Condensadora4	114700	6.33	50	\$ 8.130.252
Condensadora5	114700	6.48	50	\$ 8.322.912
	573500	30.58		\$ 392.768
TOTAL BTU/h		573500		
TOTAL TR		47,8		
POTENCIA TOTAL(Kw)		30,58		

Tabla 14. Consumo y costo energético del edificio administración II

Como vemos el edificio de administración II, si bien cuenta con menos toneladas de refrigeración (57.5), en comparación con el edificio Jorge Bautista Vesga(86.5) y el de Administración I (110.09), presenta un ahorro considerable de energía en comparación con los demás sistemas de aire acondicionado.

3.4 COMPARACION TECNICA DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO DE LOS EDIFICIOS JORGE BAUTISTA VESGA, ADMINISTRACION I Y ADMINISTRACION II

La siguiente tabla nos muestra de una manera resumida las características principales de los edificios y la comparación efectuadas en cuanto al ahorro y el consumo si estuviera funcionando el sistema multi V en los edificios Jorge Bautista Vesga y Administración I. Para esto se tuvo en cuenta que para una tonelada de refrigeración el sistema multi V consume aproximadamente 0.63 kW, en expansión directa son 1.4 kW y sabiendo que la tonelada de refrigeración para el sistema de administración II cuesta el valor de inversión total sobre las toneladas de refrigeración, se tiene

CAPACIDAD Y CONSUMO DE LOS EDIFICIOS			
Características	Edificio Administracion II	Edificio Jorge Bautista Vesga	Edificio Administracion I
Ton Refrigeracion	47.8	86,5	110.09
Dimensionamiento(kW/TR)	0.63	1.4	1.4
Consumo Edificio(kW)	30,114	121,1	154
Tiempo de uso semanal (h)	50	37,48023121	50
Valor consumo Mensual (\$)	\$ 1.547.136,86	\$ 4.663.765,29	\$ 7.911.904,00

COMPARACION Y AHORRO CON EL SISTEMA MULTI V		
Características	Edificio Jorge Bautista Vesga	Edificio Administracion I
Ton Refrigeracion	86,5	110,09
Consumo edificio (kW)	54,495	69,3567
Tiempo de uso semanal(h)	37,48023121	50
Valor consumo Mensual (\$)	\$ 2.098.694,39	\$ 3.563.269,82
Ahorro Mensual (\$)	\$ 2.565.070,90	\$ 4.348.634,18
Ahorro Anual (\$)	\$ 30.780.850,78	\$ 52.183.610,17
Inversion Inicial * TR	\$ 3.145.877,91	\$ 3.145.877,91
Inversion Inicial Total(\$)	\$ 272.118.439,04	\$ 346.329.698,89

Tabla 15. Comparación y ahorro con el sistema multi V

En la tabla 13 vemos el beneficio que se presentaría si tuviéramos funcionando el sistema multi variable en los edificios Jorge Bautista Vesga y administración I . Como se puede apreciar el valor de consumo mensual que se generaría al instalar el sistema multi variable es considerable en comparación con los sistemas de aire acondicionado actuales.

4. NIVEL DE EFICIENCIA ENERGETICA DE LOS EDIFICIOS JORGE BAUTISTA VESGA Y ADMINISTRACION I

4.1 EFICIENCIA ENERGETICA

En esta sección se determina el nivel de eficiencia energética que presentan los equipos de aire acondicionado presentes en el edificio Jorge Bautista Vesga.

4.1.1 Relación De Eficiencia Energética (EER) Y Coeficiente De Performance (COP)

Un equipo de aire acondicionado consume potencia para su funcionamiento y no la produce. La eficiencia es una medida de la producción relativa de potencia por un motor y en consecuencia no tendrá significado cuando se aplica a un equipo que consumirá energía. Sin embargo existe una medida útil denominada Coeficiente de Performance (COP) y otra que se utiliza actualmente en el mercado mundial llamada (EER), que nos permita medir y comparar el funcionamiento del equipo y de acuerdo a ello determinar en qué grado o escala de eficiencia se encuentra dicho equipo.

La EER se define como:

$$EER = \frac{\text{Capacidad útil de enfriamiento (BTU/hora)}}{\text{Consumo de energía (W)}}$$

Esta relación de eficiencia puede ser convertida y así obtener el coeficiente de performance (COP) y convertir los BTU/h a W

$$1 \left[\frac{BTU}{hora} \right] \left[\frac{1054 \text{ joules}}{BTU} \right] \left[\frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ seg}} \right] = 0.292_w$$

Entonces el COP será igual a :

$$COP = EER * 0.292$$

Cabe resaltar que el rango en el que oscila la EER para aires acondicionados típicos es de 5.5 a 10.5, cuando este valor se presenta por encima de 7.5 está

determinado en un rango de alta eficiencia. El rango de variación del COP está entre 1.6 a 3.1

El ministerio de minas y energía en cabeza de la unidad de planeación minero, energética determino un modelo para clasificar los equipos de uso final de energía, el cual es el objeto del programa CONOCE de la UPME de acuerdo a su desempeño energético, con base a las normas técnicas colombianas NTC de eficiencia energética y específicamente la “NTC 4336 EFICIENCIA ENERGETICA EN ACONDICIONADORES DE AIRE PARA RECINTOS . RANGOS DE EFICIENCIA DEL 2002”

La siguiente es la tabla de eficiencia según la norma NTC 4336

TIPO	COP	EER[Btu-h/W]
A	>4.35	>14.89
B	4 – 4.35	14.89
C	3.65 – 4	13.70
D	3.3 – 3.65	12.50
E	2.95 – 3.3	11.30
F	2.60 – 2.95	10.10
G	0 – 2.60	8.90

Tabla 16. Rango de valores de Eficiencia según NTC 4336

4.1.2 Calculo De La Relación De Eficiencia Energética (EER) y coeficiente de performance (COP)

Para determinar los respectivos cálculos de relación de eficiencia energética y coeficiente de performance, se aplico el método que ilustra el libro ‘Acondicionamiento de Aire, principios y sistemas, Edward Pita’.

La base del método usado es

$$EER = \frac{\text{Capacidad util de enfriamiento (BTU/hora)}}{\text{Consumo de energía (W)}}$$

Donde la capacidad útil de enfriamiento (BTU/h) se determino de la siguiente manera

$$\text{capacidad util de enfriamiento} \left(\frac{\text{BTU}}{\text{hora}} \right) = Q_s + Q_l$$

$$Q_s = 1.1 \times \text{CFM} \times (t_2 - t_1)$$

$$Q_l = 0.68 \times \text{CFM} \times (W_2' - W_1')$$

Donde:

Q_s = calor sensible agregado o eliminado del aire, BTU/h

Q_l = Variación de calor latente, BTU/h

CFM = flujo de aire = $A \times V$

A = área efectiva (ft²)

V = velocidad (ft/min)

$t_2 - t_1$ = cambio de temperatura, °F

$W_2' - W_1'$ = cambio en la relación de humedad, g.agua/lb

4.1.3 Calculo Tipo Relación De Eficiencia Energética (EER) Y Coeficiente De Performance (COP)

De la forma como se describió anteriormente, se lleva a cabo el cálculo tipo de eficiencia energética del aire acondicionado ubicado en el aula 309 perteneciente a la escuela de geología del edificio Jorge Bautista Vesga , el cual es un tipo mini Split con capacidad de 36000 BTU/h , marca Carrier.

El primer procedimiento para llevar a cabo este proceso es conocer los datos tomados o datos de campo .Debido a la complejidad de poner un equipo de adquisición de datos se procedió a realizar las medidas en forma manual como se menciona anteriormente con los distintos equipos. Los datos tomados para el equipo mini Split del salón 309 fueron los siguientes:

CAPACIDAD (BTU/H)		POTENCIA EN PLACA(kW)		POTENCIA MEDIDA		CORRIENTE MEDIDA(amp)		VOLTAJE MEDIDO	
36000		2,95		2,9		13,2		216	
T1° F	HR%	T2° F	HR%	W1'(g/Kg)	W2'(g/Kg)	VELOCIDAD (Ft/min)		Area Rejilla (Ft²)	
47,84	91	68	60	7,12	9,98	1126,13		1,056	

Fig. 13 Datos de funcionamiento equipo Mini Split

Los valores que se muestran en la tabla de W1' y W2' se obtuvieron por medio del procedimiento descrito a continuación:

Para determinar estos valores de humedad es necesario recurrir a la carta psicrométrica, para esto tendremos en cuenta que el nivel de presión para Bucaramanga es de 90 Kpa. Con ayuda de un software y con los valores medidos de t1(temperatura salida consola), t2(temperatura entrada evaporador) y sus respectivas humedades relativas , se procede a localizar estos puntos en la carta psicrométrica y se localizan los valores de humedades absolutas correspondientes para dichos puntos.

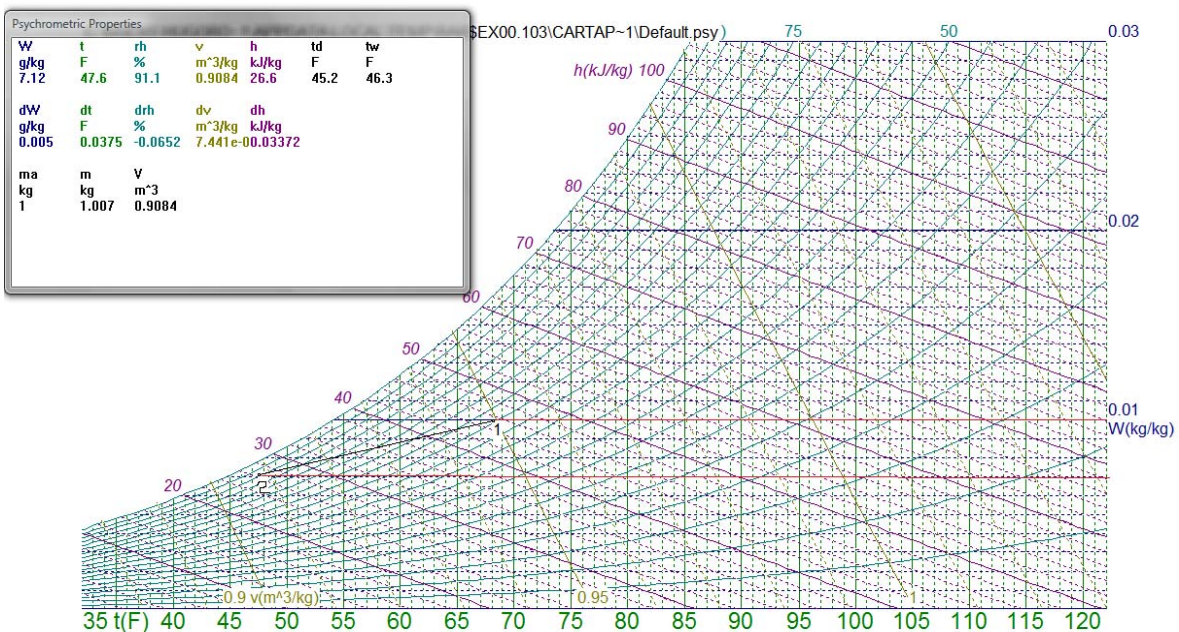


Fig. 15. Carta psicrométrica

Como podemos apreciar en la grafica, se procede a localizar la respectiva temperatura con su humedad relativa, en el punto en que cortan se traza una línea vertical para hallar el determinado valor de humedad absoluta.

Obtenidos estos valores procedemos a reemplazarlos en las ecuaciones descritas:

$$Q_s = 1.1 \times CPM \times (t_2 - t_1)$$

$$Q_s = 1.1 \times 1189.056 \times (68 - 47.84)$$

$$Q_s = 26368.50 \text{ BTU/h}$$

$$Q_i = 0.68 \times CPM \times (W_2^t - W_1^t)$$

$$Q_i = 0.68 \times 1189.056 \times (9.98 - 7.12)$$

$$Q_i = 2312.478 \text{ BTU/h}$$

$$Q_i + Q_s = 28680.976 \text{ BTU/h}$$

$$Q_i + Q_s = \text{capacidad útil de enfriamiento}$$

Con la capacidad útil de enfriamiento y el valor de la potencia medida, procedemos a calcular el valor de relación de eficiencia energética (EER) y el respectivo coeficiente de performance (COP).

$$EER = \frac{\text{Capacidad útil de enfriamiento (BTU/hora)}}{\text{Consumo de energía (W)}}$$

$$EER = \frac{28680.976 \text{ (BTU/hora)}}{2900 \text{ (W)}}$$

$$EER = 9.88$$

$$COP = 2.88 \text{ Wt/Wa}$$

Estos valores se comparan con los rangos establecidos por la 'NTC 4336 EFICIENCIA ENERGETICA PARA ACONDICIONADORES DE AIRE PARA RECINTOS. RANGOS DE EFICIENCIA DEL 2002', cuyos valores se presentaron en la tabla 5, de donde se deduce que este equipo de aire acondicionado se encuentra en el rango F de eficiencia energética.

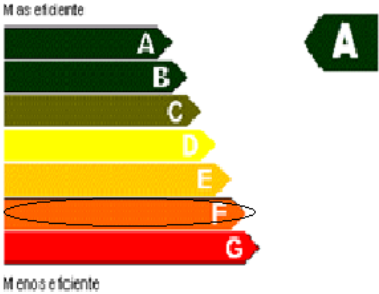


Fig 16. Rangos de eficiencia energética según norma NTC 4336

En la figura se mostro una escala que representa de manera grafica los tipos de eficiencia energética y se encuentra resaltado el rango F , en el que se encuentra el aire acondicionado mini Split considerado en el estudio.

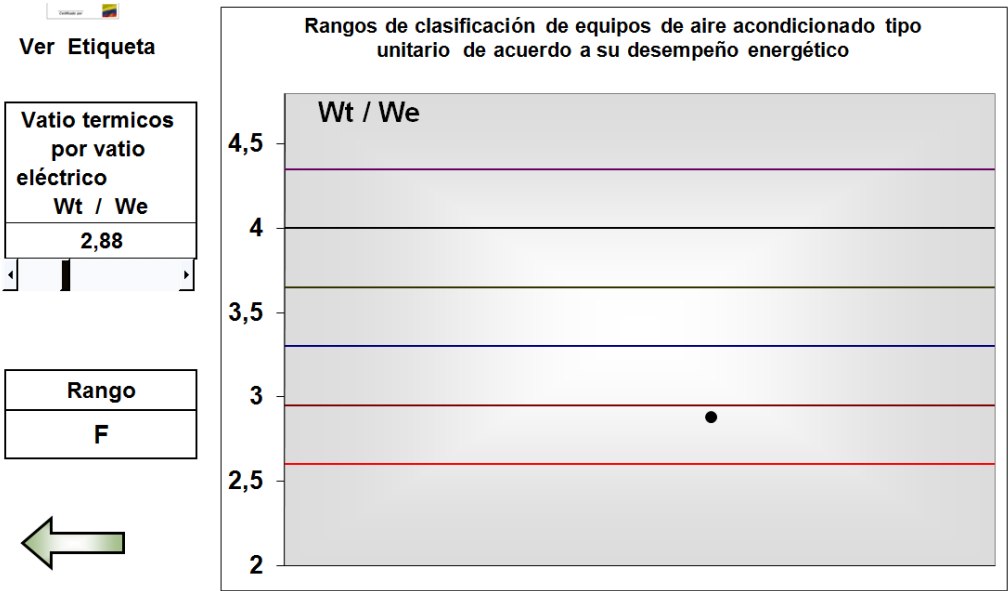


Fig. 17 Rangos de clasificación de desempeño energético para acondicionadores unitarios

El rango de eficiencia relativamente bajo encontrado a varios equipos del estudio se debe a varios factores, entre ellos la falta de mantenimiento, uso indebido, deterioro de algunos y años de uso.

4.1.4 Tabla De Eficiencia Energética De Los Sistemas De Aire Acondicionado Del Edificio Jorge Bautista Vesga Y Administración I

En el anexo B se aprecia de una manera detallada el resultado de eficiencia energética y coeficiente de performance para los edificios Jorge Bautista Vesga y administración I de la universidad Industrial de Santander.

5. EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO

La evaluación económica del proyecto se llevo a cabo considerando un horizonte económico de 15 años, tomando en cuenta principalmente la vida útil de los equipos. Para obtener la inversión inicial de los dos proyectos se tuvo en cuenta el presupuesto gastado para la construcción del edificio de administración II y con base en las toneladas de refrigeración instaladas en ese edificio se saco el costo por tonelada de refrigeración del sistema multivariable. La siguiente tabla muestra de una manera resumida la inversión inicial presupuestada para cada proyecto así como el ahorro en el que se incurriría anualmente al instalar este sistema en los edificios Jorge Bautista Vesga y Administración I.

COMPARACION Y AHORRO CON EL SISTEMA MULTI V		
Características	Edificio Jorge Bautista Vesga	Edificio Administracion I
Ton Refrigeracion	86,5	110,09
Consumo edificio (kW)	54,495	69,3567
Tiempo de uso semanal(h)	37,48023121	50
Valor consumo Mensual (\$)	\$ 2.098.694,39	\$ 3.563.269,82
Ahorro Mensual (\$)	\$ 2.565.070,90	\$ 4.348.634,18
Ahorro Anual (\$)	\$ 30.780.850,78	\$ 52.183.610,17
Inversion Inicial * TR	\$ 3.145.877,91	\$ 3.145.877,91
Inversion Inicial Total(\$)	\$ 272.118.439,04	\$ 346.329.698,89

Tabla 17. Comparación y ahorro con el sistema multi V

5.1 INDICADORES FINANCIEROS

Para determinar la rentabilidad del proyecto y determinar si es factible o no económicamente, se utilizaron los criterios del Valor Presente Neto VPN, la Tasa Interna de Retorno y el periodo de recuperación PRI.

5.1.1 Valor Presente Neto (VPN)

Es la diferencia entre los valores de los ahorros netos mensuales durante un periodo de tiempo determinado y la inversión neta para el mismo periodo. Para el cálculo del VPN , se puede utilizar la siguiente expresión matemática:

$$\sum_{t=0}^n \frac{I_T - C_T}{(1 + TIR)^t} = 0$$

En donde:

I_T = Ingreso total en el año t , en \$ col ó en US\$

C_T = Costo Total en el año t

n = vida útil del proyecto, años

i = Tasa de descuento (o tasa de oportunidad del inversionista), %

Este criterio establece que el proyecto debe aceptarse si este valor es igual o mayor a cero, significaría que los ingresos alcanzarían a cubrir la inversión inicial y los costos en los que incurrió este.

El siguiente es el flujo de fondos para los edificios Jorge Bautista Vesga y administración I, teniendo en cuenta la inversión inicial y los ingresos del proyecto que fueron tomados como los ahorros que se presentan anualmente al manejar este sistema multivariable en los dos edificios y además un aumento anual en pesos del kilowatio hora. Utilizando la fórmula matemática descrita anteriormente y teniendo en cuenta los flujos de fondos y una tasa de oportunidad de 8% se calcula con ayuda de EXCEL los valores presentes netos para cada uno de los proyectos

Flujo Fondos Edificio Administracion I									
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Monto	-346329699	52183610,2	53227282,4	54291828	55377664,6	56485217,9	57614922,2	58767220,7	59942565,1
9	10	11	12	13	14	15			
61141416,4	62364244,7	63611529,6	64883760,2	66181435,4	67505064,1	68855165,4			

Fig 17 Flujo de fondos edificio administración I

VPN= \$ 154.394.801,66

Flujo de Fondos Edificio Jorge Bautista Vesga									
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Monto	-272118439	30780850,8	31088659,3	31399545,9	31713541,4	32030676,8	32350983,5	32674493,4	33001238,3
	9	10	11	12	13	14	15		
	33331250,7	33664563,2	34001208,8	34341220,9	34684633,1	35031479,5	35381794,3		

Fig 19. Flujo de fondos edificio Jorge bautista vesga

VPN= \$ 6.674.353,45

La alternativa es económicamente viable ya que presenta un valor de VPN positivo

5.1.2 Tasa Interna De Retorno (TIR)

La TIR de un proyecto se define como aquella tasa de que permite descontar los flujos netos de operación e igualarlos a la inversión inicial. La TIR se puede calcular mediante la siguiente expresión matemática

$$\sum_{t=0}^n \frac{I_T - C_T}{(1 + TIR)^t} = 0$$

En donde,

I_T = Ingreso total en el año t , en \$ col ó en US\$

C_T = Costo Total en el año t , en \$ col ó en US\$

n = vida útil del proyecto, años

TIR = Tasa interna de retorno, en %.

Reglas de decisión para la TIR

Si $TIR > i$ el proyecto es rentable

Si $TIR < i$ el proyecto no es rentable, no es factible realizar la inversión

Utilizando la fórmula matemática descrita anteriormente y ayuda de tablas de Excel se calcula el TIR para cada uno de los proyectos:

Jorge Bautista Vesga: TIR = 18%

Administración I: TIR = 26%

5.1.3 Periodo De Recuperación De La Inversión

Este indicador nos permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de la inversión recuperen su costo inicial de inversión. Es un indicador financiero al igual que el VPN y TIR, permite optimizar el proceso de toma de decisiones. Tomando en cuenta los flujos de fondos de los dos proyectos se calcula este tiempo de recuperación. Para periodos mayores de 24 meses se usó la expresión que tiene en cuenta los incrementos en los costos de la energía y la devaluación o pérdida de poder adquisitivo.

EDIFICIOS	AÑOS	MESES	DÍAS
JORGE BAUTISTA VESGA	8	6	5
ADMINISTRACION I	6	4	27

Fig 20. Tiempo de recuperación inversión

6. SOLUCIONES ENERGETICAS EDIFICIOS JORGE BAUTISTA VESGA Y ADMINISTRACION I

Un sistema de aire acondicionado por tener un alto grado de EER (relación de eficiencia energética) no siempre es garantía de un alto desempeño del sistema.

Un uso racional de energía se obtiene:

- ✓ Seleccionando o diseñando la unidad apropiada, es decir realizar el cálculo de la carga térmica de una manera precisa.
- ✓ Minimizando las infiltraciones de aire externo
- ✓ Mejorando la eficiencia de la iluminación
- ✓ Alta eficiencia de los equipos de aire acondicionado : alto COP y EER
- ✓ Optimización de diseño de ductos y distribución del aire
- ✓ Aplicar un programa de mantenimiento apropiado (preventivo y predictivo) que permita mantener el equipo

Como primera parte los sistemas de aire acondicionado presentes en los edificios Jorge Bautista Vesga y Administración I presentan un nivel de eficiencia bajo lo que se ve reflejado en el consumo de energía y por ende los costos que incurren en estos. Algunos equipos presentan problemas debido a que no se tiene implementado un programa de mantenimiento que le permita prevenir fallas al equipo, presentando incluso deterioro, en parte por descuido, lo que lleva al equipo a un mal funcionamiento, ocasionando la obstrucción de tuberías debido al mugre y barro que se presenta acumulado, disminuyendo la transferencia de calor y así mismo provocando un mal funcionamiento e intercambio de calor entre el agua y el refrigerante. Es cierto que la Universidad cuenta con técnicos que orientan el control y operación de los sistemas de aire acondicionado , pero no hay monitoreo constante con instrumentos adecuados que permitan determinar los parámetros más importantes de funcionamiento del equipo. Lo anterior afecta de alguna manera el funcionamiento del equipo.

El estudio eléctrico generado en los tres edificios, nos mostro un ahorro significativo de energía comparando tonelada de refrigeración del sistema Multi variable funcionando en los edificios Jorge bautista Vesga y administración I . Es cierto que la tonelada de refrigeración del sistema multivariable tiene un precio significativo, el ahorro en el que se incurre el trabajar con este sistema es considerable. Los indicadores económicos generados en el proyecto son favorables, haciendo que el proyecto sea atractivo debido a muchos factores. La universidad entraría con cuatro edificios a formar parte de la nueva era de la tecnología en cuanto a aire acondicionado, contribuyendo no solo con el uso racional y eficiente de energía, sino con el medio ambiente, buscando un confort humano y bajos costos.

Debido a la baja eficiencia que presentan la mayoría de los equipos se hace necesario implementar medidas que contribuyan al uso racional de la energía y buena utilización de estos equipos. El cambio de tecnología como se demostró anteriormente en el estudio técnico y económico es una muy buena opción para la Universidad Industrial de Santander.

De no ser posible este cambio de tecnología proponemos crear un programa que genere una cultura en cuanto al buen funcionamiento y utilización de aire acondicionado en los recintos. Capacitar y actualizar al personal técnico de la Universidad para que estén dando soluciones correctas a los diferentes problemas que se están presentando. Realizar programas de mantenimiento como limpieza profunda de los intercambiadores de calor y revisar el aislamiento de ductos de aire y tuberías de succión del compresor.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La investigación realizada a cada uno de los componentes de los sistemas de aire acondicionado presentes en los edificios Jorge bautista Vesga, Administración I y Administración II , fue la base para entender el funcionamiento de cada uno de estos y poder aplicar la metodología adecuada.
- La eficiencia energética y relación de performance determinada en los sistemas de aire acondicionado presentes en los edificios Jorge Bautista Vesga y Administración I es muy baja, lo cual hace necesario tomar medidas correctivas para un uso eficiente de energía.
- La carga térmica calculada para cada uno de los recintos pertenecientes a los edificios Jorge Bautista Vesga y Administración, nos permitió identificar aquellos equipos que presentan una capacidad de refrigeración inadecuada, generando consumos innecesarios por sobre y subdimensionamiento.
- El estudio eléctrico realizado a los edificios Jorge Bautista Vesga, Administración I y Administración II, ha permitido determinar el consumo de energía eléctrica referido a los sistemas de aire acondicionado y el costo que este representa para la Universidad Industrial de Santander. Observando que el edificio de Administración II con el sistema de refrigeración multi V indica un ahorro considerable comparado con el sistema existente en los edificios Jorge Bautista Vesga y Administración I.
- El ahorro de energía eléctrica es una de las características destacadas del sistema de refrigeración Multi V. Este sistema instalado en el edificio administración II, lo hace superior al sistema de refrigeración existente en los edificio Jorge Bautista Vesga y Administración.

Como recomendaciones generales sugerimos las siguientes:

Se propone para el edificio Administración I y Jorge Bautista Vesga cambiar el sistema de aire acondicionado actual por un sistema más eficiente en consumo

de energía y favorable con el medio ambiente para reducir efectos que contribuyen al calentamiento global.

Además, se recomienda instalar el sistema de refrigerante Multi variable para los edificios Jorge Bautista Vesga y administración I, porque el resultado de la evaluación del sistema multi V con condiciones de los edificios Jorge Bautista Vesga y Administración I proporciona un ahorro aproximadamente del 43% en consumo de energía eléctrica , adicionándoles conceptos como regulación de acuerdo a la demanda y confort.

Como recomendación general se sugiere crear cultura dentro de la Universidad por parte de las empresas contratistas en cuanto al uso encendido y apagado de los sistemas de refrigeración, como el manejo de la temperatura del acondicionador que debería ser entre 23 y 24 , y no de 18° como se observo en la mayoría de sistemas, esto con el fin de contribuir con un ahorro de energía debido a que estas temperaturas serán alcanzadas disminuyendo los esfuerzos producidos.

BIBLIOGRAFIA

BURGESS H. JENNINGS, SAMUEL LEWIS. Air conditioning and refrigeration

SMITH. Introducción a la termodinámica en ingeniería química

ICONTEC – UPME. Programa conoce, CD. Eficiencia energética. Bogotá

WEB Colombia: UPME . <http://www.upme.gov.co>

Conociendo el aire acondicionado <http://www.accrweb.com>

American society of heating, refrigerating and Air- Conditioning

WEB <http://www.ashrae.org>

KAREN MARIE MOKATE. Evaluación financiera de proyectos de inversión.

JAIME GARCIA. Matemáticas financieras

PITA EDWARD G, Acondicionamiento de aire, Principios y sistemas. Segunda edición. México: Cecsca 1994

ASHRAE, Handbook of Fundamentals. Atlanta: GA 2005

MARADEY JUAN F, Termodinámica aplicada, Bucaramanga: Ediciones UIS 2002

ANEXOS

ANEXO A

Este anexo presenta las tablas utilizadas para determinar la carga térmica en cada uno de los salones de cada edificio.

TABLA 6.1 DIFERENCIAS DE TEMPERATURA PARA CARGAS DE ENFRIAMIENTO (DTCE) PARA CALCULAR CARGAS DEBIDAS A TECHOS PLANOS, 1°F

Techo No.	Descripción de la construcción	Hora Peso, lb/ft ²	Valor de U, BTU/h Ft ² .°F	Hora solar, h																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
				Sin cielo raso suspendido																							
1.	Lámina de metal con aislamiento de 1 o 2 in	7 (8)	0.213 (0.124)	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	8	0.170	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9
3.	Concreto ligero de 4 in	18	0.213	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13
4.	Concreto pesado de 1 a 2 in con aislamiento de 2 in	29	0.206 (0.122)	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	19	0.109	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7
6.	Concreto ligero de 6 in	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28
7.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34
8.	Concreto ligero de 8 in	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	52 (52)	0.200 (0.120)	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	13	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35
11.	Sistema de terrazas de techo	75	0.106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37
12.	Concreto pesado de 6 in con aislamiento de 1 o 2 in	75 (75)	0.192 (0.117)	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	17 (18)	0.106 (0.078)	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40
				Con cielo raso suspendido																							
1.	Lámina de acero con aislamiento de 1 o 2 in	9 (10)	0.134 (0.092)	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	10	0.115	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	58	51	44	37	30	37	25
3.	Concreto ligero de 4 in	20	0.134	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24
4.	Concreto pesado de 2 in con aislamiento de 1 in	30	0.131	28	25	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	10	0.083	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29
6.	Concreto ligero de 6 in	26	0.109	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54	51	47	42	37
7.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	15	0.096	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37
8.	Concreto ligero de 8 in	33	0.093	39	36	33	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	45	44	42
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	53 (54)	0.128 (0.090)	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38	38	38	37	36	34	33
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	15	0.072	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37
11.	Sistema de terrazas de techo	77	0.082	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	33	32
12.	Concreto pesado con aislamiento de 1 a 2 in	77 (77)	0.125 (0.088)	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	31
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	19 (20)	0.082 (0.064)	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36

Latitud norte, orientación de pared	Hora solar, h																								Hora de la DTCE máxima	DTCE mínima	DTCE máxima	Diferencia de DTCE	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
Paredes grupo A																													
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4	
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5	
E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	18	19	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	22	18	24	6		
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	23	14	20	6		
S	20	20	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	24	17	25	8		
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	1	18	27	9	
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	1	14	21	7		
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	16	15	15	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	2	10	14	4	
Paredes grupo B																													
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	8	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7	
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	21	21	21	20	20	20	12	15	27	12
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24	20	10	20	17	
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	25	24	21	21	14	26	12	
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	21	23	11	22	11		
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	24	13	28	15		
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	24	14	30	16		
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23	24	11	23	12		
Paredes grupo C																													
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16	22	7	17	10	
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	22	21	20	20	20	10	17	13	
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18	
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17	
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	24	22	20	9	26	17		
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	12	14	16	20	24	29	32	33	33	32	31	22	11	33	22	
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	33	22	12	35	23		
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	26	22	10	27	17		
Paredes grupo D																													
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	18	16	21	6	19	13	
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18	19	7	25	18	
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	16	8	33	25	
SE	20	17	15	13	11	9	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	32	24		
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22	19	6	29	23	
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30	
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	32		
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	22	7	32	25	
Paredes grupo E																													
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19	
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	16	16	4	26	22	
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33	
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	15	5	37	32	
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	17	3	34	31	
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40	
W	26	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	20	6	49	43	
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	6	8	10	13	15	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	20	5	38	33	
Paredes grupo F																													
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	19	1	24	23	
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	12	1	30	29	
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	12	2	45	43	
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41	
S	10	8	6	4	3	2	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	16	16	1	39	38	
SW	15	11	9	6	5	3	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18	18	2	53	51		
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	19	3	60	57	
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	19	2	46	44	
Paredes grupo G																													
N	3	2	1	0	-1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	-1	26	27	
NE	3	2	1	0	-1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	-1	39	40	
E	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	10	-1	55	56	
SE	4	2	1	0	-1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	11	-1	51	52	
S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	14	-1	46	47	
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	16	0	63	63	
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	17	1	72	71	
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7	18	0	55	55	

Reproducido con permiso del 1985 Fundamentals, ASHRAE Handbook & Product Directory.

Grupo No.	Descripción de la construcción	Peso, lb/ft ²	Valor de U, BTU/(h-ft ² -°F)	Capacidad calorífica, BTU/(ft ² -°F)
Ladrillo de vista de 4 in + (Ladrillo)				
	C Espacio de aire + ladrillo de vista de 3 in	83	0.358	18.3
	D Ladrillo común de 4 in	90	0.415	18.4
	C Aislamiento de 1 in o espacio de aire + ladrillo común de 4 in	90	0.174-0.301	18.4
	B Aislamiento de 2 in + ladrillo común de 4 in	88	0.111	18.5
	B Ladrillo común de 8 in	130	0.302	26.4
	A Aislamiento o espacio de aire + ladrillo común de 8 in	130	0.154-0.243	26.4
Ladrillo de vista de 4 in + (Concreto pesado)				
	C Espacio de aire + concreto de 2 in	94	0.350	19.7
	B Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	97	0.116	19.8
	A Espacio de aire o aislamiento + concreto de 8 in o más	143-190	0.110-0.112	29.1-38.4
Ladrillo de vista de 4 in + (bloque de concreto ligero o pesado)				
	E Bloque de 4 in	62	0.319	12.9
	D Espacio de aire o aislamiento + bloque de 4 in	62	0.153-0.246	12.9
	D Bloque de 8 in	70	0.274	15.1
	C Espacio de aire o aislamiento de 1 in + bloque de 6 u 8 in	73-89	0.221-0.275	15.5-18.5
	B Aislamiento de 2 in + bloque de 8 in	89	0.096-0.107	15.5-18.6
Ladrillo de vista de 4 in + (azulejo de barro)				
	D Azulejo de 4 in	71	0.381	15.1
	D Espacio de aire + azulejo de 4 in	71	0.281	15.1
	C Aislamiento + azulejo de 4 in	71	0.169	15.1
	C Azulejo de 8 in	96	0.275	19.7
	B Espacio de aire o aislamiento de 1 in + azulejo de 8 in	96	0.142-0.221	19.7
	A Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	97	0.097	19.8
Pared de concreto pesado + (acabado)				
	E Concreto de 4 in	63	0.585	12.5
	D Concreto de 4 in + aislamiento de 1 o 2 in	63	0.119-0.200	12.5
	C Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	63	0.119	12.7
	C Concreto de 8 in	109	0.490	21.9
	B concreto de 8 in + aislamiento de 1 o 2 in	110	0.115-0.187	22.0
	A Aislamiento de 2 in + concreto de 8 in	110	0.115	21.9
	E Concreto de 12 in	156	0.421	31.2
	A Concreto de 12 in + aislamiento	156	0.113	31.3
Bloque de concreto ligero y pesado + (acabado)				
	F Bloque de 4 in + espacio de aire o aislamiento	29-36	0.161-0.263	5.7-7.2
	E Aislamiento de 2 in + bloque de 4 in	29-37	0.105-0.114	5.8-7.3
	E Bloque de 8 in	41-57	0.294-0.402	6.3-11.3
	D Concreto de 8 in + espacio de aire o aislamiento	41-57	0.149-0.173	8.3-11.3
Azulejo de barro + (acabado)				
	F Azulejo de 4 in	39	0.419	7.8
	F Azulejo de 4 in + espacio de aire	39	0.303	7.8
	E Azulejo de 4 in + aislamiento de 1 in	39	0.175	7.9
	D Aislamiento de 2 in + azulejo de 4 in	40	0.110	7.9
	D Azulejo de 8 in	63	0.296	12.5
	C Azulejo de 8 in + espacio de aire o aislamiento de 1 in	63	0.151-0.231	12.6
	B Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	63	0.099	12.6
Pared de lámina (cortina metálica)				
	G Con o sin espacio de aire + 1, 2 o 3 in de aislamiento	5-6	0.091-0.230	0.7
Pared de bastidor				
	G Aislamiento de 1 a 3 in	16	0.081-0.178	3.2

Reproducido con permiso de 1985 *Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory*

TABLA 6.6 RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉS DE VIDRIO. FACTORES DE GANANCIA MÁXIMA DE CALOR SOLAR PARA VIDRIO. BTU/H - FT², LATITUDES NORTE.

0 Grados											16 Grados										
	N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SEE/SSW	S	HOR		N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SEE/SSW	S	HOR
En.	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296	En.	30	30	55	147	21	244	251	223	199	248
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306	Feb.	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303	Mar.	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291
Abr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284	Abr.	39	99	172	216	227	204	150	77	45	289
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265	May	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282
Jun.	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255	Jun.	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277
Jul.	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260	Jul.	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277
Agos.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276	Agos.	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282
Sept.	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293	Sept.	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299	Oct.	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293	Nov.	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246
Dic.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288	Dic.	29	29	41	132	198	241	254	233	212	234

8 Grados											24 Grados										
	N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SEE/SSW	S	HOR		N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SEE/SSW	S	HOR
En.	32	32	71	163	224	250	242	203	162	275	En.	27	27	41	128	190	240	253	241	227	214
Feb.	34	34	114	193	239	248	219	165	110	294	Feb.	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249
Mar.	37	67	156	215	241	230	184	110	55	300	Mar.	34	45	124	195	234	237	214	168	137	275
Abr.	44	117	184	221	225	195	134	53	39	289	Abr.	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283
May	74	146	198	220	209	167	97	39	38	277	May	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282
Jun.	90	155	200	217	200	141	82	39	39	269	Jun.	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279
Jul.	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272	Jul.	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278
Agos.	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282	Agos.	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277
Sept.	38	66	149	205	230	219	176	107	56	290	Sept.	35	42	119	185	222	225	206	163	134	266
Oct.	35	35	112	187	231	239	211	160	108	288	Oct.	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244
Nov.	33	33	71	161	220	245	233	200	160	273	Nov.	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213
Dic.	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265	Dic.	26	26	29	1112	180	234	247	247	237	199

Tabla 6.6 (Continuación)

32 Grados										
	N (Sombra)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	24	24	29	105	175	229	249	250	246	176
Feb.	27	27	65	149	205	242	248	232	221	217
Mar.	32	37	107	183	227	237	227	195	176	252
Abr.	36	80	146	200	227	219	187	141	115	271
May	38	111	170	208	220	199	155	99	74	277
Jun.	44	122	176	208	214	189	139	83	60	276
Jul.	40	111	167	204	215	194	150	96	72	273
Agos.	37	79	141	195	219	210	181	136	111	265
Sept.	33	35	103	173	215	227	218	189	171	244
Oct.	28	28	63	143	195	234	239	225	215	213
Nov.	24	24	29	103	173	225	245	246	243	175
Dic.	22	22	22	84	162	218	246	252	252	158

40 Grados										
	N (Sombra)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	20	20	20	74	154	205	241	252	254	133
Feb.	24	24	50	129	186	234	246	244	241	180
Mar.	29	29	93	169	218	238	236	216	206	223
Abr.	34	71	140	190	224	223	203	170	154	252
May	37	102	165	202	220	208	175	133	113	265
Jun.	48	113	172	205	216	199	161	116	95	267
Jul.	38	102	163	198	216	203	170	129	109	262
Agos.	35	71	135	185	216	214	196	165	149	247
Sept.	30	30	87	160	203	227	226	209	200	215
Oct.	25	25	49	123	180	225	238	236	234	177
Nov.	20	20	20	73	151	201	237	248	250	132
Dic.	18	18	18	60	135	188	232	249	253	113

48 Grados										
	N (Sombra)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	15	15	15	53	118	175	216	239	245	85
Feb.	20	20	36	103	168	216	242	249	250	138
Mar.	26	26	80	154	204	234	239	232	228	188
Abr.	31	61	132	180	219	225	215	194	186	226
May	35	97	158	200	218	214	192	163	150	247
Jun.	46	110	165	204	215	206	180	148	134	252
Jul.	37	96	156	196	214	209	187	158	146	244
Agos.	33	61	128	174	211	216	208	188	180	223
Sept.	27	27	72	144	191	223	228	223	220	182
Oct.	21	21	35	96	161	207	233	241	242	136
Nov.	15	15	15	52	115	172	212	234	240	85
Dic.	13	13	13	36	91	156	195	225	233	65

56 Grados										
	N (Sombra)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	10	10	10	21	74	126	169	194	205	40
Feb.	16	16	21	71	139	184	223	239	244	91
Mar.	22	22	65	136	185	224	238	241	241	149
Abr.	28	58	123	173	211	223	223	213	210	195
May	36	99	149	195	215	218	206	187	181	222
Jun.	53	111	160	199	213	213	196	174	168	231
Jul.	37	98	147	192	211	214	201	183	177	221
Agos.	30	56	119	165	203	216	215	206	203	193
Sept.	23	23	58	126	171	211	227	230	231	144
Oct.	16	16	20	68	132	176	213	229	234	91
Nov.	10	10	10	21	72	122	165	190	200	40
Dic.	7	7	7	7	47	92	135	159	171	23

TABLA 6.7. COEFICIENTES DE SOMBREADO PARA VIDRIO CON O SIN SOMBREADO INTERIOR POR PERSIANAS VENECIANAS ENROLLABLES

	Tipo de vidrio	Espesor nominal de cada vidrio claro ^a	Transmisión solar ^b	Sin sombreado interior		Tipo de sombreado interior				
						Persianas venecianas		Persianas enrollables		
						Medio	Claro	Opacas		Translúcidas
$h_a = 4.0$				Oscuro	Claro	Claro				
VIDRIO SENCILLO	Sencillo	3/32 a 1/4	0.87-0.80	1.00						
	Claro	1/4 a 1/2	0.80-0.71	0.94						
	Claro	3/8	0.72	0.90	0.64	0.55	0.59	0.25	0.39	
	Claro	1/2	0.67	0.87						
	Claro con figuras	1/8 a 9/32	0.87-0.79	0.83						
	Absorbente de calor, con figuras ^c	1/8		0.83						
	Absorbente de calor ^d	3/16 a 1/4	0.46	0.69						
	Absorbente de calor, con figuras	3/16 a 1/4		0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36	
	Coloreado	1/8 a 7/32	0.59-0.45	0.69						
	Absorbente de calor, o con figuras		0.44-0.30	0.60	0.54	0.52	0.40	0.28	0.32	
VIDRIO AISLANTE	Absorbente de calor ^d	3/8	0.34	0.60						
	Absorbente de calor, o con figuras	1/2	0.44-0.30	0.53	0.42	0.40	0.36	0.28	0.31	
	Vidrio recubierto reflector		0.24	0.30	0.25	0.23				
				0.40	0.33	0.29				
				0.50	0.42	0.38				
				0.60	0.50	0.44				
	Doble ^e	3/32, 1/8	0.71 ^a	0.88	0.57	0.51	0.60	0.25	0.37	
	Claro afuera									
	Claro adentro	1/4	0.61 ^a	0.81						
	Claro afuera									
Claro adentro	1/4	0.36 ^a	0.55							
Absorbente de calor afuera				0.39	0.36	0.40	0.22	0.30		
Claro adentro				0.19	0.18					
Vidrio recubierto reflector				0.30	0.26					
				0.40	0.33					
Triple										
Claro	1/4			0.71						
Claro	1/8			0.80						

TABLA 6.8. FACTORES DE CARGA DE ENFRIAMIENTO PARA VIDRIO SIN SOMBREADO INTERIOR (INCLUYE VIDRIO REFLECTOR Y ABSORBENTE DE CALOR)

Latitud norte.		Hora solar, h																							
Ventana viendo hacia él	Construcción del recinto																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.80	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.52	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.73	0.72	0.70	0.70	0.74	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
E	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.51	0.42	0.36	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.45	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.21	0.34	0.45	0.50	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.55	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.12	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.38	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
W	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.43	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.53	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
	H	0.14	0.12	0.11	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.19	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15
HORA	L	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.14	0.24	0.36	0.48	0.58	0.66	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	0.47	0.37	0.30	0.24	0.19	0.16	0.13
	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.55	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.20	0.27	0.36	0.45	0.52	0.59	0.62	0.64	0.62	0.58	0.51	0.42	0.35	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19

TABLA 6.8. (Continuación) FCE para Vidrios con Sombreado Interior

Latitud norte.

Ventana viendo hacia él	Construcción del recinto	Hora solar, h																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	L	0.07	0.05	0.04	0.04	0.05	0.70	0.65	0.65	0.74	0.81	0.87	0.91	0.91	0.88	0.84	0.77	0.80	0.92	0.27	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08
	M	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.09
	H	0.09	0.09	0.08	0.07	0.09	0.75	0.67	0.66	0.74	0.80	0.86	0.89	0.88	0.85	0.80	0.73	0.76	0.88	0.23	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10
NE	L	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.55	0.76	0.75	0.60	0.39	0.31	0.28	0.27	0.25	0.23	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02
	M	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
	H	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.57	0.77	0.74	0.58	0.36	0.28	0.26	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
E	L	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.45	0.71	0.80	0.77	0.64	0.43	0.29	0.25	0.23	0.20	0.17	0.14	0.10	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02
	M	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.80	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
	H	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.48	0.72	0.80	0.75	0.61	0.40	0.25	0.22	0.21	0.19	0.16	0.14	0.10	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
SE	L	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.29	0.56	0.74	0.82	0.81	0.70	0.52	0.35	0.30	0.26	0.22	0.18	0.13	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
	M	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.30	0.56	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
	H	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.31	0.57	0.74	0.81	0.79	0.67	0.48	0.31	0.27	0.23	0.20	0.17	0.13	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05
S	L	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.08	0.15	0.22	0.37	0.58	0.75	0.84	0.82	0.71	0.53	0.37	0.29	0.20	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04
	M	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.22	0.38	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.50	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
	H	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.11	0.17	0.24	0.39	0.59	0.75	0.82	0.79	0.67	0.49	0.33	0.26	0.18	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05
SW	L	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.06	0.10	0.13	0.16	0.18	0.22	0.38	0.59	0.76	0.84	0.83	0.72	0.48	0.18	0.13	0.11	0.08	0.07	0.06
	M	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
	H	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.08	0.12	0.15	0.18	0.20	0.23	0.39	0.59	0.75	0.82	0.80	0.68	0.43	0.14	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06
W	L	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.05	0.08	0.11	0.13	0.14	0.15	0.17	0.30	0.53	0.72	0.83	0.83	0.63	0.19	0.14	0.11	0.08	0.07	0.06
	M	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
	H	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.31	0.54	0.71	0.81	0.80	0.59	0.15	0.11	0.09	0.07	0.06	0.06
NW	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.06	0.10	0.13	0.16	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.83	0.71	0.19	0.13	0.10	0.08	0.07	0.05
	M	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12	0.09	0.08	0.07	0.06
	H	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.08	0.12	0.15	0.18	0.20	0.21	0.22	0.23	0.30	0.52	0.73	0.81	0.67	0.15	0.11	0.08	0.07	0.06	0.05
HORA	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.10	0.26	0.43	0.59	0.72	0.81	0.87	0.87	0.83	0.74	0.60	0.44	0.27	0.15	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
	H	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.13	0.29	0.45	0.60	0.72	0.81	0.85	0.84	0.79	0.70	0.56	0.40	0.23	0.13	0.11	0.09	0.08	0.08	0.07

TABLA 6.9 SOMBREADO POR PROYECCIONES SUPERIORES

Latitud	24°				32°				40°				48°				56°			
	9 am	Medio-día	3 pm	6 pm	9 am	Medio-día	3 pm	6 pm	9 am	Medio-día	3 pm	6 pm	9 am	Medio-día	3 pm	6 pm	9 am	Medio-día	3 pm	6 pm
Orientación N	---	---	---	.58	---	---	---	.63	---	---	---	.83	---	---	---	1.37	---	---	---	1.61
NE	1.89	---	---	---	2.17	---	---	---	2.13	---	---	---	3.03	---	---	---	3.45	---	---	---
E	1.00	---	---	---	.97	---	---	---	.89	---	---	---	.83	---	---	---	.74	---	---	---
SE	.93	4.55	---	---	1.00	3.33	---	---	.86	2.33	---	---	.73	1.67	---	---	.61	1.33	---	---
S	4.35	3.57	4.35	---	2.63	2.38	2.63	---	1.85	1.59	1.85	---	1.33	1.19	1.33	---	1.08	.93	1.08	---
SW	---	4.55	.93	---	---	3.33	1.00	---	---	2.33	.86	---	---	1.67	.73	---	---	1.33	.61	---
W	---	---	1.00	*	---	---	.97	*	---	---	.89	*	---	---	.83	*	---	---	.74	*
NW	---	---	1.89	*	---	---	2.17	*	---	---	2.13	*	---	---	3.03	*	---	---	3.45	*

TABLA 6.11. TASAS DE GANANCIA DE CALOR DEBIDA A LOS OCUPANTES DEL RECINTO ACONDICIONADO*

Actividad	Aplicaciones típicas	Calor total por adulto masculino			calor total ajustado*			Calor sensible			Calor latente		
		Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h
Sentado en reposo	Teatro, cine	115	400	100	100	350	90	60	210	55	40	140	30
Sentado, trabajo muy ligero, escritura	Oficinas, hoteles, apartamentos	140	480	120	120	420	105	65	230	55	55	190	50
Sentado, comiendo	Restaurante	150	520	130	170	580	145	75	255	60	95	325	80
Sentado, trabajo ligero, mecanografía	Oficinas, hoteles, apartamentos	185	640	160	150	510	130	75	255	60	75	255	65
Parado, trabajo ligero o camina despacio	Tiendas minoristas, bancos	235	800	200	185	640	160	90	315	80	95	325	80
Trabajo ligero de banco	Fábricas	255	880	220	230	780	195	100	345	90	130	435	110
Caminando 3 mph trabajo ligero	Fábricas	305	1040	260	305	1040	260	100	345	90	205	695	170
trabajo con máquinas pesadas	Fábricas	350	1200	300	280	960	240	100	345	90	180	615	150
Boliche	Salón de baile	400	1360	340	375	1280	320	120	405	100	255	875	220
Baile moderado	Salón de baile	400	1360	340	375	1280	320	120	405	100	255	875	220
Trabajo pesado, trabajo con máquinas pesadas, levantar pesas	Fábricas	470	1600	400	470	1600	400	165	565	140	300	1035	260
Trabajo pesado, ejercicios atléticos	Gimnasios	585	2000	500	525	1800	450	185	635	160	340	1165	290

TABLA 6.12. FACTORES DE CALOR SENSIBLE PARA CARGAS DE ENFRIAMIENTO DEBIDO A PERSONAS

Horas totales en el recinto	Horas después de cada entrada al recinto																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
2	0.49	0.58	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.49	0.59	0.66	0.71	0.27	0.21	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
6	0.50	0.60	0.67	0.72	0.76	0.79	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
8	0.51	0.61	0.67	0.72	0.76	0.80	0.82	0.84	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
10	0.53	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.42	0.34	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06
12	0.55	0.64	0.70	0.75	0.79	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.45	0.36	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.08
14	0.58	0.66	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.47	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.11
16	0.62	0.70	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16	0.16
18	0.66	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.50	0.40	0.33	0.28	0.24	0.21	0.21

TABLA A.7. COEFICIENTE GLOBAL U DE TRANSFERENCIA DE CALOR PARA COMPONENTES DE EDIFICACIÓN

Construcción	Valor de U en BTU/h-ft ² -°F	
	Verano	Invierno
PAREDES		
Marco con laterales de madera, recubrimiento y acabado interior		
Sin aislamiento	.22	.23
Aislamiento R-7 (2 a 2 1/2 in)	.09	.09
Aislamiento R-11 (3 a 3 1/2 in)	.07	.07
Marco con ladrillo de 4 in o acabado de piedra, recubrimiento y acabado interior		
Si aislamiento	.24	.24
Aislamiento R-7	.09	.09
Aislamiento R-11	.07	.07
Marco con estuco de 1 in, recubrimiento y acabado interior		
Sin aislamiento	.29	.29
Aislamiento R-7	.10	.10
Aislamiento R-11	.07	.07
Mampostería:		
Block de concreto de 8 in, sin acabados	.49	.51
Block de concreto de 12 in, sin acabados	.45	.47
Mampostería (block de concreto de 8 in):		
Acabados interiores:		
tablero aplanado de yeso (1/2 in); sin aislamiento	.29	.30
tablero aplanado con respaldo de hoja (1/2 in); sin aislamiento	.29	.30
tablero aislante de poliestireno de 1 in (R-5); y tablero de yeso de 1/2 in	.13	.13
Mampostería (block de 8 in de ceniza o tabique cerámico hueco):		
Acabado interior:		
tablero de pared de yeso aplanado (1/2 in); sin aislamiento	.25	.25
tablero de pared de yeso aplanado con respaldo de hoja (1/2 in); sin aislamiento	.17	.17
tablero aislante (R-5) de poliestireno de 1 in tablero de yeso aplanado de 1/2 in.	.12	.12
Mampostería (ladrillo de vista de 4 in y bloque de cenizas de 8 in o tabique cerámica de 8 in hueco):		
Acabado interior:		
tablero de pared de yeso aplanado (1/2 in); sin aislamiento	.22	.22
tablero de pared de yeso aplanado con respaldo de hoja (1/2 in); sin aislamiento	.15	.16
tablero aislante (R-5) de poliestireno de 1 in, y tablero de yeso aplanado de 1/2 in	.12	.12
Mampostería (tabique hueco de cerámica de 12 in o bloque de cenizas de 12 in):		
Acabado interior:		
tablero aplanado de yeso (1/2 in); sin aislamiento	.24	.24
tablero aplanado de yeso con respaldo de hoja (1/2 in); sin aislamiento	.16	.17
tablero aislante de poliestireno de 1 in (R-5), y tablero aplanado de yeso de 1/2 in	.12	.12
Mampostería (ladrillo de vista de 4 in, ladrillo común de 4 in):		
Acabado interior:		
tablero aplanado de yeso (1/2 in); sin aislamiento	.28	.28
tablero aplanado de yeso con respaldo de hoja (1/2 in); sin aislamiento	.18	.18
tablero aislante de poliestireno de 1 in (R-5) y tablero aplanado de yeso de 1/2 in	.13	.13
Mampostería (Concreto de 8 in. o Piedra de 8 in.)		
Acabado interior:		
tablero aplanado de yeso (1/2 in); sin aislamiento	.33	.34
tablero aplanado de yeso con respaldo de hoja (1/2 in.) sin aislamiento	.21	.21
tablero aislante de poliestireno de 1 in. (R5) y tablero aplanado de yeso de 1/2 in.	.14	.14
Metal con recubrimiento interior vinílico, R-7 (bloque de fibra de vidrio de 3 in)	.14	.14
PARTICIONES		
Marco (tablero aplanado de yeso de 1/2 in sólo de un lado):		
Sin aislamiento	.55	.55
Marco (tablero aplanado de yeso de 1/2 in a ambos lados):		
Sin aislamiento	.31	.31
Aislamiento R-11	.08	.08
Mampostería (bloque de cenizas de 4 in):		
Si aislamiento, sin acabados	.40	.40
Sin aislamiento, tablero aplanado de yeso de 1/2 in de un lado	.26	.26
Sin aislamiento, tablero aplanado de yeso de 1/2 in a ambos lados	.19	.19
Tablero aislante de poliestireno de 1 in (R-5) y tablero aplanado de yeso de 1/2 in, ambos sólo de un lado	.13	.13

TABLA A.7. (Continuación)

Construcción	Valor de U en BTU/h-ft ² -°F	
	Verano	Invierno
CIELOS Y PISOS		
Marco (piso de loseta asfáltica, triplay de 5/8 in, contrapiso de madera de 25/32 in, cielo raso terminado):		
Flujo de calor hacia arriba	.23	.23
Flujo de calor hacia abajo	.20	.19
Concreto (piso de loseta asfáltica, cubierta de concreto de 4 in, espacio de aire, cielo raso terminado):		
Flujo de calor hacia arriba	.34	.33
Flujo de calor hacia abajo	.26	.25
TECHO (techo plano, sin cielo raso)		
Cubierta de acero:		
Sin aislamiento	.64	.86
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.23	.25
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.15	.16
Cubierta de madera de 1 in:		
Sin aislamiento	.40	.48
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.19	.21
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.12	.13
Cubierta de madera de 2.5 in:		
Sin aislamiento	.25	.26
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.15	.16
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.10	.11
Cubierta de madera de 4 in:		
Sin aislamiento	.17	.18
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.12	.12
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.09	.09
TECHO Y CIELO RASO (techo plano, cielo raso terminado)		
Cubierta de acero:		
Sin aislamiento	.33	.40
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.17	.19
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.12	.13
Cubierta de madera de 1 in:		
Sin aislamiento	.26	.29
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.15	.16
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.11	.11
Cubierta de madera de 2.5 in:		
Sin aislamiento	.18	.20
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.12	.13
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.09	.10
Cubierta de madera de 4 in:		
Sin aislamiento	.14	.15
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.10	.10
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.08	.08
Cubierta de concreto ligero de 4 in:		
Sin aislamiento	.14	.15
Cubierta de concreto ligero de 6 in:		
Sin aislamiento	.10	.11
Cubierta de concreto ligero de 8 in:		
Sin aislamiento	.08	.09
Cubierta de concreto normal de 2 in:		
Sin aislamiento	.32	.38
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.17	.19
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.11	.12
Cubierta de concreto normal de 4 in:		
Sin aislamiento	.30	.36
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.16	.18
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.11	.12
Cubierta de concreto normal de 6 in:		
Sin aislamiento	.28	.33
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.16	.17
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.11	.12

TABLA A.7. (Continuación)

Construcción	Valor de U en BTU/h-ft ² -°F	
	Verano	Invierno
TECHO - CIELO RASO (techo inclinado, marco de madera, cielo terminado en largueros) Sin aislamiento Aislamiento R-19 (5 1/2 a 6 1/2 in)	.28 .05	.29 .05
TECHO-TAPANCO-CIELO RASO (tapanco con ventilación natural) Sin aislamiento Aislamiento R-19 (5 1/2 a 6 1/2 in)	.15 .04	.29 .05
PISOS		
Piso sobre espacio no acondicionado, sin cielo raso Marco de madera: Sin aislamiento Aislamiento R-7 (2 a 2 1/2 in) Cubierta de concreto: Sin aislamiento Aislamiento R-7	.33 .09 .59 .10	.27 .08 .43 .09
PUERTAS		
Madera maciza: de 1 in de espesor de 1 1/2 in de espesor de 2 in de espesor Acero: de 1 1/2 in de espesor con relleno de lana mineral de 1 1/2 in de espesor con relleno de poliestireno de 1 1/2 in de espesor con relleno de espuma de uretano	.61 .47 .42 .58 .46 .39	.64 .49 .43 .59 .47 .40

TABLA A.8. COEFICIENTE GLOBAL U DE TRANSFERENCIA DE CALOR PARA EL VIDRIO (BTU/hr-ft²-°F)

Paneles verticales (ventanas exteriores, puertas corredizas de vidrio y particiones) Vidrio plano, tragaluz y lámina de plástico				Paneles horizontales — vidrio plano, tragaluz y domos de plástico			
Descripción	Exterior			Descripción	Exterior		
	Invierno	Verano	Interior		Invierno	Verano	Interior
Vidrio plano vidrio sencillo	1.10	1.04	0.73	Vidrio plano vidrio sencillo	1.23	0.93	0.96
vidrio aislante - doble espacio de aire de 1/4" ^a	0.58	0.61	0.49	vidrio aislante — doble espacio de aire de 1/4" ^a	0.65	0.54	0.59
espacio de aire de 1/2" ^b	0.49	0.56	0.46	espacio de aire de 1/2" ^b	0.59	0.49	0.56
espacio de aire de 1/2" ^c recubrimiento de baja emisión ^d				recubrimiento de baja emisión ^d			
e = 0.20	0.32	0.38	0.32	e = 0.20	0.48	0.38	0.39
e = 0.40	0.38	0.45	0.38	e = 0.40	0.42	0.42	0.45
e = 0.60	0.43	0.51	0.42	e = 0.60	0.56	0.46	0.50
Vidrio aislante - triple ^d				Tragaluz ^e			
Espacio de aire de 1/4" ^a	0.39	0.44	0.38	11 x 11 x 3 in espesor con divisor de cavidad	0.53	0.35	0.44
espacio de aire de 1/2" ^b	0.31	0.39	0.30	12 x 12 x 4 in espesor con divisor de cavidad	0.51	0.34	0.42
ventanas dobles espacio de aire de 1" a 4" ^a	0.50	0.50	0.44	Domos de plástico ^f			
Lámina de plástico sencilla				de pared sencilla	1.15	0.80	--
1/8" espesor	1.06	0.98	--	de pared doble	0.70	0.46	--
1/4" espesor	0.96	0.89	--	Factores de ajuste para paneles verticales y horizontales			
1/2" espesor	0.81	0.76	--	Descripción			
unidad aislante - doble				Vidrio sencillo	Vidrio doble o triple	Ventanas dobles	
espacio de aire de 1/4" ^a	0.55	0.56	--	Ventanas			
espacio de aire de 1/2" ^b	0.43	0.45	--	Todas de vidrio	1.00	1.00	1.00
Tragaluz ^e				Marco de madera - 80% vidrio	0.90	0.95	0.90
6 x 6 x 4 in espesor	0.60	0.57	0.46	Marco de madera - 60% vidrio	0.80	0.85	0.80
8 x 8 x 4 in espesor	0.56	0.54	0.44	Marco de metal - 80% vidrio	1.00	1.20 ^g	1.20 ^g
— con divisor del hueco	0.48	0.46	0.38	Ventanas y puertas corredizas de vidrio	0.95	1.00	--
12 x 12 x 4 in espesor	0.52	0.50	0.41	Marco de madera	1.00	1.10 ^g	--
— con divisor del hueco	0.44	0.42	0.36	Marco de metal			
12 x 12 x 2 in espesor	0.60	0.57	0.46				

TABLA A.9. CONDICIONES EXTERIORES DE DISEÑO

Localidad, Estados Unidos	Lat., Grados	Invierno		Verano			
		Grados Día	BS 97.5%	Coinc. 2.5% BS	BH	Rango Diario de BS	BH 2.5%
ALABAMA							
Birmingham	33	2550	21	94	75	21	77
Montgomery	32	2290	25	95	76	21	79
ALASKA							
Anchorage	61	10860	-18	68	58	15	59
Fairbanks	64	14280	-47	78	60	24	62
ARIZONA							
Phoenix	33	1770	34	107	71	27	75
Tucson	32	1800	32	102	66	26	71
ARKANSAS							
Little Rock	34	3220	20	96	77	22	79
CALIFORNIA							
Los Angeles	34	1350	40	89	70	20	71
Sacramento	38	2420	32	98	70	36	71
San Diego	32	1460	44	80	69	12	70
San Francisco	37	3000	40	71	62	14	62
COLORADO							
Denver	39	6280	1	91	59	28	63
CONNECTICUT							
Hartford	41	6240	7	88	73	22	75
DELAWARE							
Wilmington	39	4930	14	89	74	20	76
D.C.							
Washington	38	4220	17	91	74	18	77
FLORIDA							
Miami	25	210	47	90	77	15	79
Tampa	28	680	40	91	77	17	79
GEORGIA							
Atlanta	33	2960	22	92	74	19	76
Savannah	32	1820	27	93	77	20	79
HAWAII							
Honolulu	21	0	63	86	73	12	75
IDAHO							
Boise	43	5810	10	94	64	31	66
ILLINOIS							
Chicago	41	5880	2	91	74	15	77
Springfield	39	5430	2	92	74	21	77
INDIANA							
Indianapolis	39	5700	2	90	74	22	76
South Bend	41	6440	1	89	73	22	75
IOWA							
Des Moines	41	6590	-5	91	74	23	77
Dubuque	42	7380	-7	88	73	22	75

TABLA A.9. (Continuación)

Localidad, Estados Unidos	Lat., Grados	Invierno		Verano			
		Grados Día	BS 97.5%	Coinc. 2.5% BS	BH	Rango Diario de BS	BH 2.5%
KANSAS							
Topeka	39	5180	4	96	75	24	78
Wichita	37	4620	7	98	73	23	76
KENTUCKY							
Lexington	38	4680	8	91	73	22	76
Louisville	38	4660	10	93	74	23	77
LOUISIANA							
Baton Rouge	30	1560	29	93	77	19	80
New Orleans	30	1250	33	92	78	16	80
MAINE							
Portland	43	7510	-1	84	71	22	72
MARYLAND							
Baltimore	39	4110	13	91	75	21	77
MASSACHUSETTS							
Boston	42	5630	9	88	71	16	74
Pittsfield	42	7580	-3	84	70	23	72
MICHIGAN							
Detroit	42	6230	6	88	72	20	74
Lansing	42	6910	1	87	72	24	74
MINNESOTA							
Minneapolis	44	8380	-12	89	73	22	75
MISSISSIPPI							
Jackson	32	2240	25	95	76	21	78
MISSOURI							
Kansas City	39	4710	6	96	74	20	77
St. Louis	38	4480	8	94	75	18	77
MONTANA							
Billings	45	7050	-10	91	64	31	66
NEBRASKA							
Omaha	41	6610	-3	91	75	22	77
NEVADA							
Las Vegas	36	2710	28	106	65	30	70
Reno	39	6330	11	93	60	45	62
NEW HAMPSHIRE							
Concord	43	7380	-3	87	70	26	73
NEW JERSEY							
Newark	40	4590	14	91	73	20	76
Trenton	40	4980	14	88	74	19	76
NEW MEXICO							
Albuquerque	35	4350	16	94	61	27	65
NEW YORK							
Albany	42	6880	1	88	72	20	74
Buffalo	43	7060	6	85	70	21	73
NYC	40	4870	15	89	73	17	75

EVALUACION TECNICA Y FINANCIERA DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO DE LOS EDIFICIOS JORGE BAUTISTA VESGA Y ADMINISTRACION I DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ANEXO B

EFICIENCIA EQUIPOS DEL EDIFICIO JORGE BAUTISTA VESGA

# PISO	NOMBRE DEL SALON	TIPO AIRE A	CAPACIDAD (BTU/H)	MARCA	POTENCIA PLACA(KW)	POTENCIA MEDIDA(KW)	CORRIENTE MEDIDA(amp)	VOLTAJE MEDIDO(V)	T1 °F	HRK	T2 °F	HRK	W1'g/Kg	W2'g/Kg	VELOCIDAD (Ft/min)	Area Rejilla (Ft²)	EER	COP	Rango	
SOTANO	Centro de computo	Ventana	24000	Gold Star	2,82	2,6	12,037	216,5	46,86	90,25	68,5	56,8	6,74	9,57	1095	1,012	10,99	3,2	E	
		Ventana	24000	Gold Star	2,82	2,63	12,125	216,89	47,76	91,34	69,42	58,75	6,65	9,45	957,5	1,012	9,47	2,76	F	
	laboratorio Trilogia	Ventana	12000	LG	1,22	1,05	4,9	214,5	46,35	90,25	67,35	57,25	6,54	9,35	645,25	0,58	8,55	2,49	G	
	Sala de Informatica	Mini Split	60000	York	7,2	7,15	32,72	218,5	48,54	90,35	68,46	59,45	6,68	9,54	3150	2,86	9,85	2,87	F	
	Materiales II	Ventana	12000	General Electric	0,9	0,65	3,022	215,05	46,56	91,24	70,26	54,36	6,37	9,47	537,5	0,58	8,05	2,35	G	
		Ventana	12000	General Electric	0,9	0,78	3,6	216,5	48,25	90,15	69,85	53,24	6,23	9,54	545,54	0,58	8,25	2,409	G	
	Materiales III	Ventana	24000	York	2,6	2,45	11,26	217,4	48,54	90,45	69,5	57,85	6,73	9,65	785,45	1,025	7,96	2,32	G	
		Ventana	24000	York	2,6	2,55	11,76	216,54	47,53	91,34	68,54	56,47	6,82	9,45	850,45	1,025	7,9	2,3	G	
	Aula de Clase	Ventana	12000	York	1,1	1,03	4,73	217,5	48,56	90,23	68,35	55,43	6,25	9,35	550,45	0,58	8,46	2,4702	G	
	PRIMERO	Postgrados Petroleos	Multi Split	12000	York	1,1	0,95	14,8	208,5	49,39	91,26	69,75	56,25	6,13	9,43	680,25	0,58	8,95	2,6134	F
Salon Verde		Mini Split	18000	Star Ligth	1,4	1,35	6,32	213,6	46,54	90,35	67,74	54,24	6,73	9,45	758,32	0,96	8,68	2,53	G	
		Mini Split	18000	Gold Star	1,85	1,65	7,65	215,5	47,87	91,25	68,24	53,25	6,34	9,35	723,4	0,86	8,75	2,56	G	
Centro Investigacion Gas		Mini Split	24000	Bryant	2,3	2,15	9,95	216	47,34	91,24	69,45	57,45	6,72	9,43	882,45	1,016	8,12	2,37	G	
Centro Investigacion Gas		Mini Split	18000	Toshiba	1,8	1,5	6,89	217,5	48,6	90,24	70,25	56,43	6,45	9,32	850,34	0,86	8,25	2,49	G	
Centro de Estudios		Ventana	24000	LG	2,82	2,55	11,77	216,5	46,85	90,23	70,25	56,48	6,52	9,35	890,25	1,024	8,26	2,41	G	
		Ventana	24000	LG	2,82	2,63	12,15	216,3	47,15	91,25	71,23	57,12	6,45	9,42	885,24	1,024	8,54	2,49	G	
Computo Petroleos		Mini Split	36000	Carrier	3,65	3,46	15,45	217,5	47,75	91,25	65,35	57,47	6,85	9,75	1124,12	1,056	9,38	2,73	F	
Salon Rojo		Mini Split	18000	Gold Star	1,85	1,65	7,66	214,3	47,85	91,35	69,35	53,25	6,32	9,25	715,25	0,86	8,7	2,54	G	
		Mini Split	18000	York	1,3	1,04	4,825	215,5	46,3	90,35	68,57	52,35	6,35	9,32	745,23	0,86	8,75	2,55	G	
Salon Maestria		Mini Split	18000	Panasonic	1,35	1,18	5,45	216,2	47,35	92,24	68,45	53,26	6,26	9,35	768,9	0,86	8,65	2,52	G	
Secretaria Petroleos		Multi Split	12000	York	1,1	0,97	4,48	216,3	48,26	91,03	70,15	53,25	6,32	9,47	690,35	0,86	8,65	2,53	G	
Direccion Petroleos		Multi Split	18000	York	1,3	1,05	4,827	217,5	49,35	91,25	69,5	51,25	6,25	9,45	795,2	0,86	8,58	2,58	G	
Grupo Investigacion		Ventana	18000	LG	1,85	1,68	7,78	215,8	50,12	92,15	68,25	52,24	6,35	9,35	875,25	0,86	9,35	2,73	F	
Grupo Investigacion		Ventana	24000	LG	2,82	2,67	12,29	217,3	48,25	92,15	66,32	56,24	6,85	9,25	897,2	1,024	7,43	2,17	G	
Sala Azul		Mini Split	36000	Star Ligth	3,4	3,24	14,48	216,89	46,77	88,65	66,42	58,3	6,73	9,64	1117,25	1,062	8,64	2,52	G	
Director Postgrados		Multi Split	12000	York	1,1	0,82	3,83	214,05	48,45	90,68	69,45	54,34	6,21	9,54	560,65	0,86	8,65	2,53	G	
SEGUNDO		Laboratorio Corrosion	Ventana	12000	General Electric	0,9	0,65	3,04	213,8	49,24	91,45	70,35	57,34	6,45	9,47	582,45	0,86	8,58	2,5	G
		Salon Fundadores	Mini Split	24000	Panasonic	2,4	2,13	9,85	216,35	49,55	91,25	67,35	57,35	6,7	9,3	915,35	1,024	8,65	2,52	G
		Ciencia y Tecnologia	Mini Split	18000	Panasonic	1,35	1,17	5,38	217,35	48,75	90,25	68,54	54,35	6,54	9,25	735,46	0,86	8,65	2,53	G
	Campo Escuela Colorado	Tipo Paquete Central	60000	York	7,2	6,82	31,31	217,8	49,7	91,25	65,45	56,45	6,32	9,56	3150	2,86	10,05	2,94	F	
	Aula de Lodos	Ventana	24000	York	2,6	2,25	10,38	216,7	46,82	90,3	65,89	56,35	6,35	9,15	910,25	1,024	8,57	2,5	G	
	Salon Postgrados	Ventana	24000	Toshiba	2,6	2,35	10,85	216,5	47,85	91,24	67,35	57,85	6,76	9,24	920,34	1,024	8,75	2,6	G	
	Direccion Geologia	Mini Split	36000	Carrier	3,65	3,45	15,47	217,5	45,76	89,5	65	57,5	6,95	9,74	1123,14	1,056	9,24	2,69	G	
TERCERO	Aula de Clase	Ventana	12000	York	1,1	0,84	3,89	215,5	44,5	91,05	66,7	56,35	6,75	9,65	546,7	0,86	8,56	2,45	G	
		Ventana	12000	York	1,1	0,75	3,468	216,25	45,35	90,25	67,45	55,31	6,35	9,75	580,43	0,86	8,6	2,512	G	
	Aula de Clase	Mini Split	24000	Star Ligth	2,4	2,27	10,43	217,5	47,54	91,25	67,4	57,45	6,32	9,34	930,21	1,024	8,78	2,56	G	
	Aula de Clase	Mini Split	24000	York	2,6	1,92	8,787	218,5	46,68	91,03	66,45	56,25	6,25	9,48	925,56	1,024	8,65	2,5258	G	
	Sala de computo	Mini Split	36000	Carrier	3,65	3,42	15,7	216	47,84	91	68,8	60	7,12	9,98	1126,13	1,056	9,88	2,88	F	
	Laboratorio	Ventana	12000	York	1,1	0,85	3,95	214,65	47,26	90,25	68,35	58,35	6,89	9,65	570,25	0,86	8,72	2,546	G	
		Ventana	24000	York	2,6	2,39	10,98	217,5	47,56	91,25	67,45	56,82	6,77	9,35	935,37	1,024	8,89	2,6	G	
	Laboratorio	Ventana	12000	Silver Nano	1,1	0,94	4,3	218,5	48,5	90,25	68,45	55,6	6,37	9,67	560,35	0,86	8,58	2,51	G	
		Ventana	24000	York	2,6	2,36	10,89	216,8	47,85	91,25	68,54	56,43	6,45	9,26	954,34	1,024	8,75	2,55	G	
	Aula de Clase	Mini Split	36000	Carrier	3,65	3,45	15,65	215	46,85	90	67,5	58	7,05	9,65	1129,14	1,056	9,75	2,84	F	
	Oficina Profesores	Tipo Paquete Central	48000	York	5,8	5,65	25,98	217,5	47,4	91,15	68,45	57,35	6,95	9,75	2850	2,35	8,8	2,56	G	
	Oficina Profesor	Mini Split	12000	York	1,1	0,84	3,88	216,75	48,5	91,25	65,45	57,35	6,25	9,76	580,46	0,86	8,76	2,56	G	
	Oficina Profesor	Mini Split	12000	York	1,1	0,75	3,47	215,9	47,5	90,35	67,37	58,9	6,35	9,87	585,6	0,86	8,5	2,48	G	

EVALUACION TECNICA Y FINANCIERA DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO DE LOS EDIFICIOS JORGE BAUTISTA VESGA Y ADMINISTRACION I DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

NOMBRE DEL SALON	TIPO AIRE A.	CAPACIDAD (BTU/H)	MARCA	POTENCIA PLACA(KW)	POTENCIA MEDIDA(KW)	T1 °F	HR%	T2 °F	HR%	W1(g/Kg)	W2(g/Kg)	VELOCIDAD (Ft/min)	Area Rejilla (Ft²)	EER	COP	RANGO
Admisiones	Paquete-Central	180000	LG	20	19,55	50,35	91,25	68,85	55,45	6,79	9,56	9695	8,6	9,5	2,77	F
Secretaría Rectoría	Mini Split	18000	York	1,95	1,75	46,54	90,35	67,74	54,24	6,73	9,45	758,32	0,96	8,68	2,53	G
Sala de Rectoría	Paquete-Central	60000	York	6,2	6,13	49,25	91,25	65,43	56,35	6,35	9,48	3265	2,86	10,27	3	E
Division de servicios I	Paquete-Central	240000	Parma	25	23,4	50,25	90,26	66,46	57,34	6,54	9,55	12520	11,54	11,25	3,29	E
Sala de Concejo	Paquete-Central	36000	Thermoandina	3,7	3,64	47,75	91,25	65,35	57,47	6,85	9,75	1124,12	1,056	9,45	2,83	F
Equipo Gerencial	Mini Split	12000	York	1,1	0,86	46,35	90,25	67,35	57,25	6,54	9,35	645,25	0,58	8,55	2,49	G
	Mini Split	12000	York	1,1	0,88	46,56	91,24	70,26	54,36	6,37	9,47	537,5	0,58	8,15	2,45	G
	Mini Split	9000	York	0,86	0,65	50,34	90,15	71,15	55,25	6,25	9,79	425,5	0,45	8,25	2,43	G
Planeacion	Paquete-Central	60000	York	6,4	6,15	48,95	90,35	64,35	57,8	6,24	9,58	3165	2,86	10,15	2,96	F
	Paquete-Central	60000	York	6,4	6,14	49,7	91,25	65,45	56,45	6,32	9,56	3150	2,86	10,05	2,94	F
Division Financiera	Paquete-Central	120000	Paramo	12,6	12,37	51,15	90,12	65,36	57,8	6,25	9,45	6050	5,25	8,78	2,56	F
Vicerectoría Académica	Paquete-Central	120000	Paramo	12,6	12,24	50,34	90,124	64,25	57,35	6,45	9,45	6120	5,25	9,26	2,7	F
Contabilidad-Tesorería	Paquete-Central	120000	Climatec	12,7	12,52	51,25	91,26	65,35	58,4	6,36	9,35	6250	5,25	8,9	2,6	G
Vicerectoría Académica	Mini Split	22000	Temstar	2,2	1,95	46,85	90,23	70,25	56,48	6,52	9,35	890,25	1,024	8,26	2,41	G
	Mini Split	22000	Temstar	2,2	2,03	47,15	91,25	71,23	57,12	6,45	9,42	885,24	1,024	8,68	2,59	G
Secretaría General	Paquete-Central	60000	Carrier	6,4	5,95	48,54	90,35	68,46	59,45	6,68	9,54	3150	2,86	9,95	2,97	F
Vicerectoría Ad/mon	Mini Split	18000	Temstar	1,6	1,55	46,54	90,35	67,74	54,24	6,73	9,45	758,32	0,96	8,68	2,53	G
Caja	Mini Split	12000	York	2,3	2,18	48,56	90,23	68,35	55,43	6,25	9,35	550,45	0,58	8,46	2,4702	G
Carnetización	Mini Split	12000	York	2,3	2,15	48,26	91,03	70,15	53,25	6,32	9,47	690,35	0,86	8,65	2,53	G
Vicerectoría Ad/mon	Ventana	12000	Toshiba	1,3	1,16	46,54	90,35	67,74	54,24	6,73	9,45	758,32	0,96	8,58	2,5	G
Secretaría Rectoría	Mini Split	18000	York	1,95	1,85	47,85	91,35	69,35	53,25	6,32	9,25	715,25	0,86	8,7	2,54	G
Comunicaciones	Ventana	12000	York	1,1	0,85	48,26	91,03	70,15	53,25	6,32	9,47	690,35	0,86	8,65	2,53	G

EFICIENCIA ENERGETICA EQUIPOS DEL EDIFICIO ADMINITRACION I