

**DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA EN EL DESEMPEÑO
ENERGÉTICO DE LOS SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN EL
CAMPUS EL BOSQUE DE LA UNAB**

SILVIA JOHANA MORA NIÑO

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERIAS
INGENIERIA EN ENERGIA
BUCARAMANGA
2017**

**DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA EN EL DESEMPEÑO
ENERGÉTICO DE LOS SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN EL
CAMPUS EL BOSQUE DE LA UNAB**

SILVIA JOHANA MORA NIÑO

**Trabajo de Grado para optar por el título de
INGENIERA EN ENERGÍA**

Director: CARLOS ALIRIO DIAZ GONZALEZ

Codirector: CESAR YOBANY ACEVEDO ARENAS

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERIAS
INGENIERIA EN ENERGIA
BUCARAMANGA**

2017

NOTA DE ACEPTACIÓN

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Bucaramanga para optar el título de Ingeniera en Energía.

Firma del Director

Firma del Calificador

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mis padres, hermanos y mi familia que han sido el pilar fundamental de mi vida, gracias a ellos que desde un comienzo me estuvieron brindando su ayuda, apoyo y sobre todo confianza para poder seguir adelante y darle fin a esta etapa.

A mis compañeros con quienes comencé mi carrera y a quienes conocí en el transcurso de la misma, a todos los que me acompañaron durante todo mi proceso académico y quienes siempre confiaron en mis capacidades y me brindaron su amistad.

A todos los docentes, en especial a mi director de proyecto Carlos Alirio Díaz González, por todo el apoyo, dedicación y aporte que dio lo mejor de sí mismo para transmitir los conocimientos y principios que harán de mí un excelente profesional.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	12
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3. MARCO CONCEPTUAL.....	13
3.1. AIRE ACONDICIONADO.....	13
3.1.1. ELEMENTOS BASICOS Y FUNCIONES.....	14
3.2. TIPOS DE SISTEMAS DE AIRES ACONDICIONADO.....	17
3.2.1. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO COMPACTO.....	18
3.2.2. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PORTATIL.....	19
3.2.3. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO TIPO SPLIT.....	20
3.2.4. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO CENTRAL SEPARADO.....	21
3.2.5. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO TIPO PAQUETE.....	22
3.2.6. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO TIPO CHILLER.....	24
3.3. CARGA TERMICA.....	25
3.3.1. CONDUCCION A TRAVES DE LA ESTRUCTURA EXTERIOR.....	26
3.3.2. CONDUCCIÓN A TRAVÉS DE LA ESTRUCTURA INTERIOR.....	27
3.3.3. RADIACIÓN A TRAVÉS DE LA ESTRUCTURA INTERIOR.....	28
3.3.4. ALUMBRADO.....	29
3.3.5. PERSONAS.....	30

3.3.6.	EQUIPOS	31
3.3.7.	INFILTRACIONES.....	31
4.	METODOLOGIA	33
5.	RESULTADOS.....	36
5.1.	INSTALACIONES Y SISTEMAS DE CLIMATIZACION ACTUAL.....	36
5.2.	CALCULO CARGA TERMICA.....	37
5.2.1.	CARGA TERMICA MAXIMA.....	37
5.2.2.	CARGA TERMICA CORREGIDA.....	39
5.3.	LEVANTAMIENTO DE CARGAS	44
5.3.1.	LEVANTAMIENTO POTENCIA ELECTRICA (MEDIDA)	44
5.3.2.	LEVANTAMIENTO DE CARGA TERMICA NOMINAL	46
5.4.	CARACTERIZACION ENERGETICA.....	48
5.4.1.	CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL BLOQUE 1 (MEDICINA) .	48
5.4.2.	CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA EL BLOQUE 2 (PSICOLOGÍA)	
	57	
5.5.	SISTEMAS DE MAYOR CONSUMO	66
5.6.	PROPUESTAS DE MEJORAS.....	68
5.6.1.	QUITANDO INFILTRACIONES	68
5.6.2.	OPERANDO A SEER DE 13 BTUW	70
5.6.3.	VARIADORES DE FRECUENCIA.....	72
5.6.4.	SENSOR DE PERSONAS.....	73
5.6.5.	CENTRALIZADO.....	76
5.7.	SELECCIÓN DE PROPUESTAS	78
5.7.1.	EVALUACION FINANCIERA – VARIADORES DE FRECUENCIA	79

5.7.2. EVALUACION FINANCIERA – SENSOR DE PERSONAS	80
CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES	83
REFERENCIAS	85
ANEXOS	88
ANEXO A. TABLAS NECESARIAS PARA EL CALCULO DE CARGA TERMICA.	88
ANEXO B. SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN ACTUAL.	96
ANEXO C. HOJA DE CALCULO PARA CARGA TERMICA MAXIMA.	101
ANEXO D. PROGRAMACION ACADEMICA SEGUNDO SEMESTRE 2017 DEL CAMPUS BOSQUE.	105
ANEXO E. CUENTAS DE COBRO DE ENERGIA MESES JUNIO – JULIO - AGOSTO.	114

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Acondicionamiento de aire.	13
Figura 2. Diagrama de funcionamiento de aire acondicionado.	15
Figura 3. Válvula de expansión.	16
Figura 4. Evaporador.	16
Figura 5. Compresor.	17
Figura 6. Condensador.	17
Figura 7. Sistema de aire acondicionado compacto.	18
Figura 8. Detalle interior de aire acondicionado compacto.	19
Figura 9. Vistas del aire acondicionado portátil.	19
Figura 10. Tipos de unidades evaporadoras.	20
Figura 11. Unidad evaporadora y condensadora de sistema central separado.	21
Figura 12. Componentes de sistema de sistemas de aire acondicionado separado.	22
Figura 13. Sistema tipo paquete.	23
Figura 14. Detalle de formas de operar de Sistema tipo paquete.	24
Figura 15. Sistema de aire acondicionado tipo Chiller.	24
Figura 16. Componentes de la ganancia de calor de un recinto, Q.	26
Figura 17. Diagrama de bloques de la metodología.	33
Figura 18. Sistemas de mayor consumo.	67
Figura 19. Interfaz para la selección de los sistemas de acondicionamiento del bosque.	103
Figura 20. Interfaz de las manejadoras del chiller.	103
Figura 21. Cuenta de cobro de energía del mes de Junio.	114
Figura 22. Cuenta de cobro de energía del mes de Julio.	115
Figura 23. Cuenta de cobro de energía del mes de Agosto.	116

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Calculo de carga térmica del Bloque 1 (Medicina)	37
Tabla 2. Calculo carga térmica de los equipos alimentados por el chiller	38
Tabla 3. Factor por horas y por personas de cada salón.	40
Tabla 4. Levantamiento de potencia eléctrica (Bloque 1).....	44
Tabla 5. Levantamiento de potencia eléctrica (Bloque 2).....	45
Tabla 6. Carga térmica nominal (Bloque 1).....	46
Tabla 7. Carga térmica nominal (Bloque 2).....	47
Tabla 8. Ahorro quitando infiltraciones.	68
Tabla 9. Ahorro trabajando a SEER 13.	70
Tabla 10. Evaluación financiera para variadores de frecuencia.	79
Tabla 11. Evaluación financiera para sensores de personas.	80
Tabla 12. Evaluación financiera para centralización.	81
Tabla 13. Nomenclatura utilizada en la hoja de cálculo.....	101

INTRODUCCIÓN

Mantener mejor el nivel de confort térmico de los ocupantes y al mismo tiempo consumir energía de manera eficiente es el reto hoy en día al momento de implementar sistemas de aire acondicionado, para lograr esto se debe utilizar un sistema que esté acorde a las exigencias térmicas del local, es decir, que es necesario conocer la carga térmica para poder dimensionar apropiadamente el sistema de acondicionamiento de aire a usar, pero muchas veces este cálculo se hace tedioso y presenta cierta dificultad ya que la carga térmica para un sistema de aire acondicionado es variable en el tiempo y depende de una cantidad considerable de variables proporcionales al tamaño del recinto.

Los sistemas de aire acondicionado en el campus el bosque de la Universidad Autónoma de Bucaramanga contribuye directamente al mayor consumo de energía y bajo nivel de desempeño energético debido a que la capacidad de estos sistemas instalados en el campus excede la carga real, por lo que el confort térmico no se realiza y se genera un sobredimensionamiento que lleva a un uso derrochador de energía.

El consumo de energía se puede reducir teniendo en cuenta un potencial de ahorro, esto se puede dar mejorando el rendimiento del compresor o el coeficiente de rendimiento (COP) que dependen de la velocidad del compresor, reduciendo el valor de las infiltraciones, implementado sistemas de control, instalación de un equipo centralizado o cambio de equipos según la capacidad que requiere cada lugar.

En este trabajo de grado se diseñará una hoja de cálculo para identificar la carga térmica de cada aula y así poder realizar la caracterización energética de cada equipo de aire acondicionado y el levantamiento de cargas para determinar que equipos generan mayor consumo para finalmente a estos equipos plantear las propuestas de mejora y realizar una evaluación técnico-económica que permita establecer las mejores propuestas de inversión.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A raíz del alto costo de energía a casusa del posible racionamiento, que se esperaba ocurriera en el primer semestre de 2016, se creó a nivel general una conciencia hacia el uso racional y eficiente de la energía en el país. No ajena a este cambio, la dirección universitaria convocó a diferentes unidades de la organización a fin de establecer acciones inmediatas de mejora de los *Indicadores de Desempeño Energético* de la UNAB. Entre otras posibilidades, se estableció en esta reunión que los sistemas de acondicionamiento de aire en el Campus el Bosque, son el principal *Uso Significativo de la Energía* alcanzando alrededor del 60% del costo total por concepto de energía eléctrica. A raíz de esto, se propuso al programa de Ingeniería en Energía, que liderara un estudio tendiente al establecimiento de opciones de mejora en estos sistemas tanto desde el punto de vista del consumo energético, como del confort en las zonas climatizadas.

Dentro de los aspectos por estudiar y analizar en los sistemas de aire acondicionado del Campus Universitario, se encuentran la tecnología de operación y control, el tipo de sistema de climatización empleado en aulas, oficinas y zonas comunes cerradas, así como el Uso y Consumo Energético de estos sistemas. Esta propuesta de trabajo pretende, una vez se han identificado y caracterizado energéticamente los sistemas de climatización en el Campus, realizar una evaluación técnico-económica de diferentes opciones y estrategias para su operación eficiente.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta de mejora de los sistemas de climatización en el campus el Bosque y evaluar su factibilidad desde el punto de vista económico.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las instalaciones y sistemas de climatización existentes en el Campus el Bosque y realizar un levantamiento aproximado de cargas tanto térmicas como eléctricas.
- Identificar los sistemas de mayor consumo y realizar en ellos mediciones in situ de la potencia eléctrica consumida, así como el establecimiento de las estrategias de operación y control aplicadas.
- Plantear propuestas de mejora o reemplazo tecnológico de los sistemas de climatización y determinar beneficios y costos asociados.
- Realizar una evaluación financiera de estas propuestas y plantear a la Dirección Universitaria las mejores opciones de inversión.

3. MARCO CONCEPTUAL

Los sistemas de acondicionamiento de aire son los procesos de tratamiento necesarios para mantener las condiciones ambientales de temperatura, humedad relativa, movimiento y limpieza del aire de un lugar en los valores deseados para garantizar el confort o el grado de higiene requerido, así como se muestra en la figura.

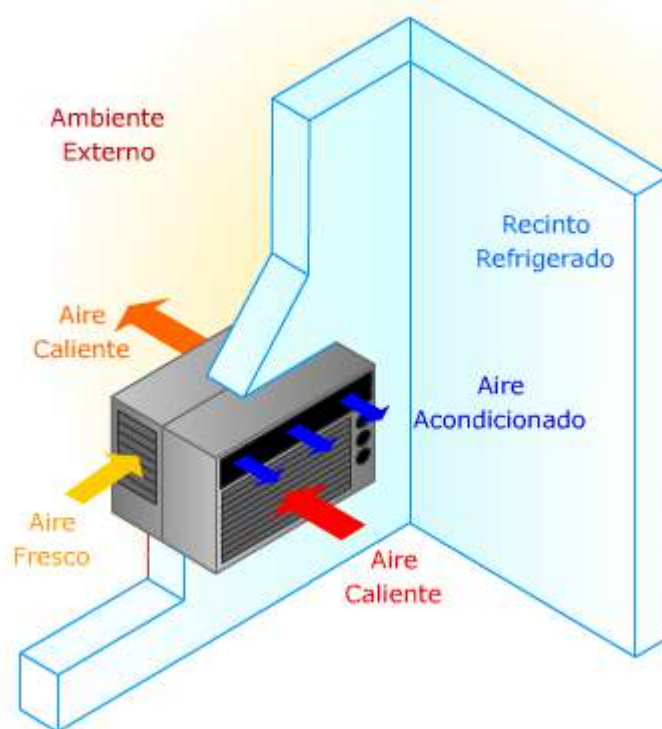


Figura 1. Acondicionamiento de aire.

3.1. AIRE ACONDICIONADO

El aire acondicionado es un sistema utilizado para controlar la temperatura en un espacio, las ventajas son varias, control de temperatura, control de salida de aire, eliminación de la humedad del ambiente, la circulación y limpieza de aire.

En el mercado se encuentran distintos tipos de aire acondicionado, de diferentes marcas y distintas funciones, con sistemas de frío, frío-calor, purificadores, etc.

La unidad de medida de energía con la que comúnmente se caracteriza a los equipos de aire acondicionado es el BTU (British Thermal Unit) y se define como la cantidad de energía que se necesita para aumentar la temperatura de una libra de agua a un grado Fahrenheit.

El BTU es fundamental a la hora de hacer planes de instalación de aires acondicionado, ya que de esta unidad dependerá la comodidad y confort, si no es el adecuado, no se obtendrá el clima deseado provocando un incorrecto uso del sistema lo cual puede llevar a un eventual daño parcial o total del equipo.

3.1.1. ELEMENTOS BASICOS Y FUNCIONES

Los sistemas de aire acondicionado requieren de componentes fundamentales, comunes en los diferentes equipos, y que son los encargados de la producción de frío e impulsión de aire. A pesar de tener en común estos componentes cada tipo tiene sus características específicas.

Los sistemas de aire acondicionado constan de cuatro elementos básicos principales, estos elementos son:

- Compresor.
- Condensador.
- Evaporador.
- Válvula de expansión.

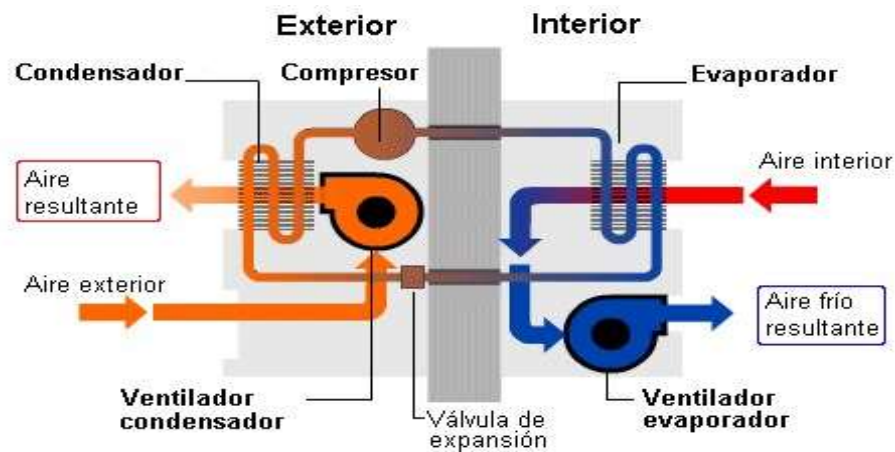


Figura 2. Diagrama de funcionamiento de aire acondicionado.

El ciclo de refrigeración simple se compone de cuatro procesos fundamentales.

El refrigerante se encuentra en estado líquido a baja presión y temperatura, evaporándose en un serpentín denominado evaporador mediante la extracción de aire del interior del local más caliente.

Luego, en estado de vapor se succiona y comprime mediante un compresor aumentando su presión y consecuentemente su temperatura, condensándose en un serpentín denominado condensador mediante la cesión de calor al aire exterior más frío.

De esa manera, el refrigerante en estado líquido a alta presión y temperatura vuelve al evaporador mediante una válvula de expansión, que origina una brusca reducción de presión, provocando vaporización del líquido que reduce su temperatura y suministrando aire a menor temperatura al espacio a ser acondicionado.

a. Válvula de expansión

Empleados en los equipos de aire acondicionado para dosificar la entrada al evaporador de refrigerante líquido de alta presión y temperatura. La válvula o tubos se colocan a la entrada del evaporador y se controla su funcionamiento por temperatura.

El control de la válvula se suele hacer por la dilatación de un gas almacenado dentro de un bulbo en contacto con la superficie exterior del evaporador. En función de la temperatura, se amplía o se reduce el orificio de paso del refrigerante.



Figura 3. Válvula de expansión.

b. Evaporador

Esta unidad es un intercambiador de calor que recoge el líquido refrigerante a baja presión y temperatura y lo vaporiza recogiendo el calor del área. Por medio de ventilación forzada a través de sus tubos y aletas enfría el aire de la habitación.



Figura 4. Evaporador.

c. Compresor

Este componente aumenta la presión y temperatura del refrigerante gaseoso para que pueda ceder el calor al aire exterior.



Figura 5. Compresor.

d. Condensador

Esta unidad es un intercambiador de calor que recoge el gas a alta presión y temperatura transformándolo en líquido al final del recorrido por el condensador. Por este medio se disipa el calor recogido de la habitación.

Los condensadores pueden ser de tres tipos:

- Enfriados por Aire
- Enfriados por Agua
- Enfriamiento Combinado

Por lo general para esta aplicación encontramos los enfriados por aire con serpentines de cobre y aletas de Aluminio y ventilación forzada.



Figura 6. Condensador.

3.2. TIPOS DE SISTEMAS DE AIRES ACONDICIONADO

los sistemas de aire acondicionado se clasifican según la ubicación de una anidad evaporadora y una unidad condensadora, a continuación se muestran los diferentes tipos de sistemas de aire acondicionado.

3.2.1. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO COMPACTO

Comúnmente también conocido como sistema de ventana o autónomo. Es un equipo unitario, compacto y de descarga directa, es decir el aire enfriado es expulsado directamente al espacio a través de la unidad. Generalmente se utilizan para acondicionar espacios pequeños e individuales.

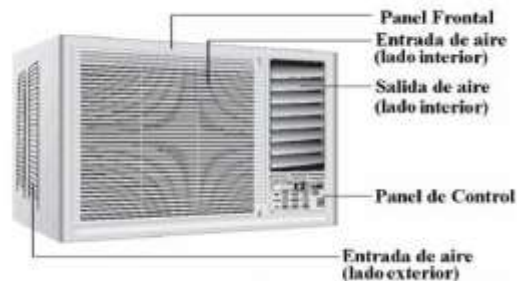


Figura 7. Sistema de aire acondicionado compacto.

El equipo de aire acondicionado compacto consta de una sola unidad, donde se encuentran sus componentes principales que son:

- Compresor
- Válvula de expansión
- Condensador (Parte externa).
- Evaporador (Parte interna)
- Dos ventiladores
- Unidad de control

Este equipo toma el aire desde el interior del espacio, siguiendo el funcionamiento básico de refrigeración, para después inyectar aire refrigerado de nuevo a este. Expulsando por la parte que da hacia el exterior el calor removido.

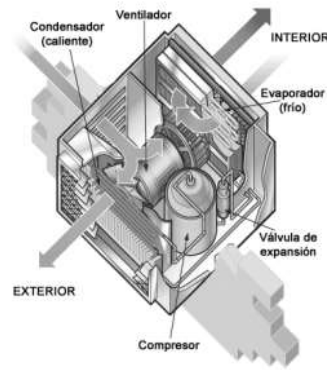


Figura 8. Detalle interior de aire acondicionado compacto.

3.2.2. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PORTATIL

Es un equipo unitario, compacto, de descarga directa, es decir el aire enfriado es expulsado directamente al espacio a través de la unidad y es transportable de un espacio a otro. La mayoría de estos equipos poseen una salida al exterior a través de un tubo flexible el cual es colocado en ventanas para la expulsión del aire. Resuelve de forma adecuada las necesidades mínimas de acondicionamiento en habitaciones de viviendas y en pequeños locales.

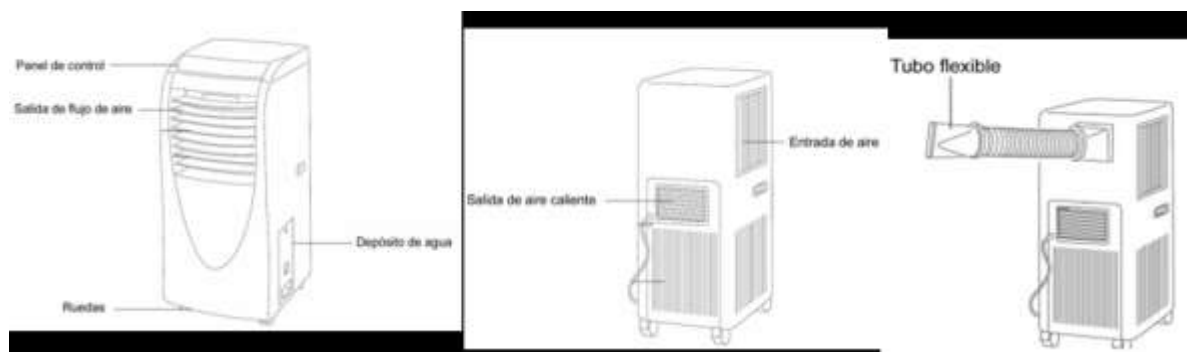


Figura 9. Vistas del aire acondicionado portátil.

Su funcionamiento interno es igual al sistema compacto, ya que todos sus componentes se encuentran en una sola unidad, con la única diferencia que la expulsión del aire caliente se hace a través de un tubo flexible que da hacia el exterior.

3.2.3. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO TIPO SPLIT

Son equipos de descarga directa llamados también descentralizados. Se diferencian de los compactos ya que la unidad formada por el compresor y el condensador está situada en el exterior, mientras que la unidad evaporadora se instala en el interior. Se comunican entre sí por las líneas de refrigerante y conexiones eléctricas.

Hay diferentes tipos de unidades evaporadoras, la diferencia principal está en la forma de instalación (como se muestra en la figura X).

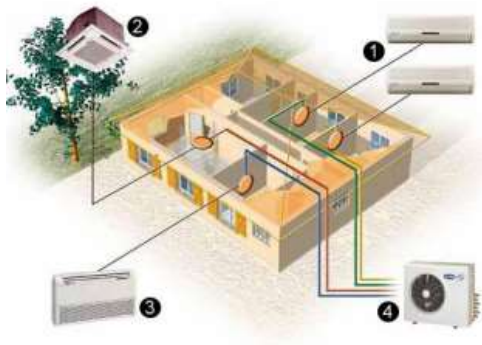


Figura 10. Tipos de unidades evaporadoras.

1. La más común es la que se instala en la parte alta de una pared por lo que se conoce como high wall (pared alta).
2. La unidad que se instala en el cielo falso de un espacio (tipo cassette).
3. La que se instala en la parte baja de una pared, esta unidad se le conoce como flexiline (piso-techo).

4. Unidad condensadora que puede manejar diferentes tipos de evaporadoras.

También existen equipos Multi-Split y la diferencia está en que puede haber varias unidades evaporadoras manejadas por una sola unidad condensadora. Rangos de capacidad de los equipos Split oscilan entre 7000 y 24000 BTU.

La unidad evaporadora está compuesta por el evaporador, el ventilador, el filtro de aire y el sistema de control, y es la unidad que va dentro del espacio a acondicionar.

La unidad condensadora es la que se encarga de rechazar el calor hacia el exterior por lo que el aire que sale es caliente, es por eso que no se debe colocar en un lugar encerrado ya que al no haber ventilación el equipo se puede sobrecalentar.

La unidad evaporadora y condensadora deben de estar conectadas entre sí por medio de una tubería de cobre para gas refrigerante, el cable de conexión eléctrica, a la vez se hace la evacuación de los condensados de la evaporadora por una tubería que sale al exterior por la misma línea.

3.2.4. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO CENTRAL SEPARADO

Es un equipo de descarga indirecta ya que el aire se distribuye a través de ductos el cual es expulsado en los diferentes espacios por medio de difusores, cuenta con una unidad evaporadora y una condensadora, estas dos unidades se conectan entre sí por medio de una tubería de cobre de dos líneas, la primera para llevar el refrigerante y la otra para regresarlo.



Figura 11. Unidad evaporadora y condensadora de sistema central separado.

Son equipos que constan de una unidad condensadora y una unidad evaporadora, el aire es llevado a través de ductos hasta su destino, expulsado por medio de difusores y retornado a través de rejillas.

La temperatura es controlada mediante un termostato que es instalado en la pared y su función es la de mantener la temperatura de forma regular en un punto determinado.

Este sistema es capaz de llevar el aire acondicionado alcanzando largas distancias (dependiendo de la capacidad que tenga el motor) con lo que se puede acondicionar varios ambientes contiguos con un solo equipo.



Figura 12. Componentes de sistema de sistemas de aire acondicionado separado.

3.2.5. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO TIPO PAQUETE

Estos aires acondicionados son de tipo central, donde sus unidades están auto contenidas, es decir el condensador y el evaporador se encuentran en el mismo sistema y el aire se distribuye a los distintos espacios a través de ductos.

Es utilizado en edificaciones de gran tamaño, por ejemplo; bancos, oficinas, centros deportivos, restaurantes, etc.

Estos equipos se instalan en el exterior, generalmente en losas de techos; las dimensiones de estas unidades varían de acuerdo a la capacidad, las más usadas son de: 3.0 TR a 30.0 TR.

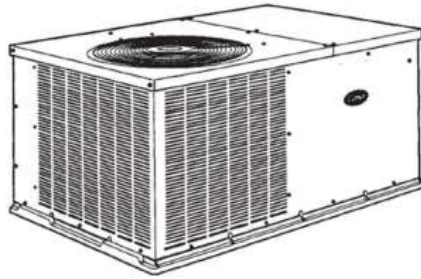


Figura 13. Sistema tipo paquete.

Su configuración usual es la de una caja rectangular con conexiones de suministro y retorno en el frente y tomas para succión y descarga del aire de condensación en los laterales y en la parte de atrás.

El aire de retorno es succionado a través del evaporador por un ventilador centrífugo, que a su vez lo descarga como aire de suministro por el frente.

Una bandeja de condensado, debajo del evaporador, recoge toda la humedad y está conectada a un drenaje.

El compartimiento del evaporador, consta de paredes para evitar pérdida y condensación en la lámina exterior, el filtro está generalmente localizado en el ducto de retorno.

Separando el compartimiento del evaporador del de condensación, hay una pared que sirve de aislamiento para la mínima transmisión de calor y ruido del aire acondicionado.

El aire de retorno pasa a través del filtro y luego a través del evaporador donde es enfriado y deshumidificado. El aire al pasar por el serpentín será enfriado y luego será distribuido al espacio a acondicionar.

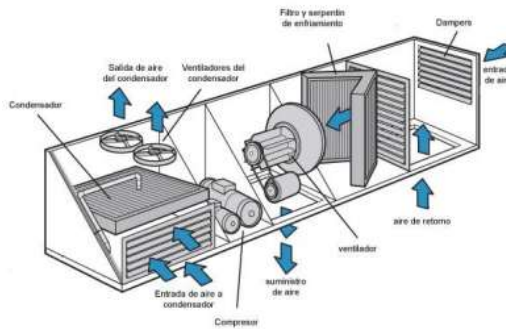


Figura 14. Detalle de formas de operar de Sistema tipo paquete.

3.2.6. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO TIPO CHILLER

Es un equipo de descarga indirecta, ya que el aire se distribuye a los diferentes espacios por medio de ductos. Se compone por un sistema central que se encarga de enfriar un fluido, generalmente agua, el cual se distribuye a los diferentes equipos de enfriamiento ubicados en las áreas que requieren de climatización.

El agua helada pasa desde la unidad exterior a través de tuberías (PVC, PE, Cobre o Acero) hacia las unidades manejadoras de aire (UMA) o unidades denominadas fan coils, que son las que se encargan de distribuir el aire acondicionado hacia los ductos.



Figura 15. Sistema de aire acondicionado tipo Chiller.

El principio de funcionamiento de una unidad tipo Chiller es que utiliza el agua para el cambio de estado, se podría definir como una unidad agua-aire. El agua se hace circular de manera forzada sobre un intercambiador de temperatura en el cual se

realiza el cambio de estado utilizando el factor agua y no el factor aire para este. El agua que sale del intercambiador circula por el circuito hidráulico a cada una de las unidades manejadoras de aire o fan coils, las cuales se encargan de distribuir el aire refrigerado a una cierta temperatura, modificando así la temperatura ambiente y luego el agua regresa de nuevo al intercambiador para bajar su temperatura, repitiéndose el ciclo de refrigeración para nuevamente ser distribuido.

Condensador y evaporador pueden estar juntos en la misma máquina, en cuyo caso el enfriamiento es por aire o separados la cual debe disponer de una torre de enfriamiento de agua con un circuito secundario de enfriamiento del condensador, esta es más eficiente, pero requiere de mucho espacio y especial cuidado con el tratamiento del agua.

3.3. CARGA TERMICA

La carga térmica se define como la cantidad de calor que debe ser retirada del sitio por refrigerar para reducir o mantener la temperatura deseada. En un área por acondicionar, la carga térmica se debe eliminar mediante enfriamiento, el cual resulta de la suma de las cargas térmicas en las que se está viendo involucradas varias fuentes, el interior de un edificio gana calor debido a varias fuentes.

La ganancia de calor se puede agrupar en dos grupos distintos: ganancia de calor sensible y de calor latente. Las ganancias de calor sensible ocasionan un aumento de la temperatura del aire y las ganancias de calor latente se deben a la adición de vapor de agua, y por lo tanto aumentan la humedad.

Los componentes que contribuyen a la ganancia de calor en un recinto según la American Society of heating, refrigeration and air conditioning engineers (ASHRAE), son los siguientes:

- Conducción a través de paredes, techo y vidrios al exterior.
- Conducción a través de divisiones internas, cielos rasos y pisos.

- Radiación solar a través de vidrios.
- Alumbrado.
- Personas.
- Equipos.
- Infiltración del aire exterior a través de aberturas.

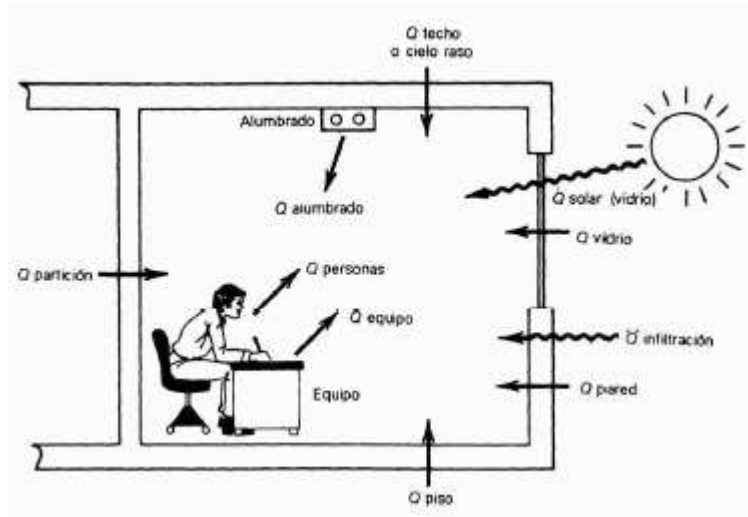


Figura 16. Componentes de la ganancia de calor de un recinto, Q .

3.3.1. CONDUCCION A TRAVES DE LA ESTRUCTURA EXTERIOR

Las ganancias de calor por conducción a través de paredes, techo y vidrios que dan al exterior se calculan con la siguiente ecuación:

$$Q_e = U * A * DTCE \quad (1)$$

Donde:

Q_e , es la ganancia neta del recinto por conducción a través del techo, paredes o vidrio, [BTU/h].

U , es el coeficiente general de transferencia de calor para el techo, paredes o vidrios, [BTU/h-ft² -°F].

A , área del techo, pared o vidrios, [f²].

$DTCE$, diferencia de temperatura para carga de enfriamiento, °F.

Se calcula la superficie de cada uno de los componentes. Los valores de U , descritos se encuentran en el anexo A en las tablas A1, A2, A3.

La $DTCE$ es una diferencia de temperatura que toma en cuenta el efecto de almacenamiento de calor. Los valores de la $DTCE$ para algunas formas de construcción de paredes y techo, se encuentran en el anexo A en las tablas A4, y el anexo de la tabla A5 describe las construcciones de las paredes que se emplean en la tabla A5.

Los valores de $DTCE$ que se encuentra en el anexo A, tabla A4 se deben corregir como de la siguiente manera:

$$DTCE_c = [(DTEC + LM) * K + (78 - t_R) + (t_0 - 85)] * f / 1.8 \quad (2)$$

Siendo:

$DTCE_c$, Valor corregido de $DTCE$, [°F].

$DTCE$, Temperatura de la tabla A2 [°C].

LM , Corrección para latitud al mes de la tabla A6 del anexo A.

K , Corrección debido al color de la superficie. 1.0 para superficies oscuras o áreas industriales, 0.5 para techos de color claro. Y 0.65 para paredes de color claro.

t_R , Temperatura del recinto, [°F].

t_0 , Temperatura de diseño exterior promedio, [°F].

f , Factor de corrección para ventilación del cielo raso (solo para el techo). 0.75 para ventiladores de entrepiso (techo falso) en los demás casos usar 1.0.

3.3.2. CONDUCCIÓN A TRAVÉS DE LA ESTRUCTURA INTERIOR

El calor que pasa desde los espacios interiores sin acondicionamiento hasta los espacios acondicionados a través de divisiones, pisos y cielos rasos se puede calcular con la siguiente ecuación.

$$Q_i = U * A * \Delta T \quad (3)$$

Donde:

Q_i = Velocidad de transferencia de calor a través de la división, piso o cielo raso, $[\frac{BTU}{h}]$.

U = Coeficiente global de transferencia de calor para la división, piso o cielo raso, $[\frac{BTU}{h} - ft^2 - ^\circ F]$.

A = Area de la división, piso o cielo raso, $[ft^2]$.

ΔT = Diferencia de temperatura entre los espacios sin acondicionar y los acondicionados, $[^\circ F]$.

Se recomienda que este delta de temperaturas sea de 5°.

3.3.3. RADIACIÓN A TRAVÉS DE LA ESTRUCTURA INTERIOR

La energía radiante del sol pasa a través de materiales transparentes como el vidrio y se transforma en ganancia de calor al recinto. Su valor varía Principalmente con la hora, la orientación y el sombreado. La ganancia neta de calor en el vidrio se puede calcular mediante la siguiente ecuación.

$$Q_r = FGCS * A * CS * FCE \quad (4)$$

Donde:

Q_r = Ganancia neta por radiacion solar a través del vidrio, $[BTU/h]$.

$FGCS$ = factor de ganancia máxima de calor solar, $[\frac{BTU}{h} - ft^2]$.

A =Area del vidrio, $[ft^2]$.

CS = Coeficiente de sombreado.

FCE = factor de carga de enfriamiento para el vidrio.

El área del vidrio es la parte de construcción que recibe la radiación solar de manera directa.

El factor de ganancia máxima de calor solar (FGCS) es la ganancia máxima de calor solar a través de un vidrio, en el anexo 1 en la tabla A7 se encuentran estos valores. El factor FGCS da los valores de ganancia máxima de calor solo para el tipo de vidrio que se especifica y sin dispositivos de sombra, para tomar en cuenta ganancias de calor con diferentes tipos de ventanas, se introduce el coeficiente de sombreado, CS, este coeficiente es la cantidad proporcional de ganancia máxima de calor a través de distintos tipos de vidrio, los valores se encuentran en el anexo A tabla A8. El factor de carga de enfriamiento FCE considera el almacenamiento de una parte de la ganancia de calor solar, los valores de FCE que se deben aplicar a los cálculos de ganancia de calor solar aparecen en el anexo A, en la tabla A9.

3.3.4. ALUMBRADO

La siguiente ecuación se usa para calcular la ganancia de calor debida al alumbrado.

$$Q_a = 3.4 * W * FB * FCE \quad (5)$$

Donde:

Q_a , ganancia neta de calor debida al alumbrado, [BTU/h].

W , capacidad del alumbrado, [W].

FB , factor de balastra.

FCE , factor de carga de enfriamiento para alumbrado.

El valor 3.4 es para convertir de W a BTU/h, el factor FB toma en cuenta las pérdidas de calor en la balastra de las unidades fluorescentes. Un valor típico de FB es 1.25 para alumbrado fluorescente y 1 para el alumbrado incandescente. El valor de FCE toma en cuenta el almacenamiento de parte de la ganancia de calor por alumbrado, se toma el valor de 1.

3.3.5. PERSONAS

La ganancia de calor debida a las personas se compone de dos partes, el calor sensible y el calor latente que resulta de la transpiración. Algo de calor sensible se puede absorber por el efecto de almacenamiento de calor, pero no el calor latente. Las ecuaciones para las ganancias de calor sensible y latente originado en las personas son:

$$Q_s = q * n * FCE \quad (6)$$

Donde:

Q_s , ganancia de calor sensible.

q , ganancia de calor sensible por persona.

n , número de personas.

FCE , factor de carga de enfriamiento para las personas, se toma valor de 1.

$$Q_l = q * n \quad (7)$$

Donde:

Q_l , ganancia de calor latente.

q , ganancia de calor latente por persona.

n , número de personas.

La velocidad de ganancia de calor debida a las personas depende de la actividad física en el anexo 1, en la tabla A10 se encuentra los valores para algunas actividades típicas.

3.3.6. EQUIPOS

La ganancia de calor debida a los equipos se puede tomar de los datos de placa, tomando en cuenta si su uso es intermitente para calcular el valor se utiliza la siguiente ecuación.

$$Q_a = 3.4 * W * n \quad (8)$$

Q_a , ganancia neta de calor debida a equipos, [BTU/h].

W , capacidad del equipo, [W].

n , número de equipos.

El valor 3.4 es para convertir de W a BTU/h

3.3.7. INFILTRACIONES

A continuación, se muestran las ecuaciones para calcular la perdida de calor sensible y latente por efecto de la infiltración del aire.

$$Q_s = 1.1 * CFM * CT \quad (9)$$

Donde:

Q_s , calor sensible necesario para el aire de infiltración o ventilación, $[\frac{BTU}{h}]$.

CFM , velocidad de infiltración o ventilación del aire, $[\frac{ft^3}{min}]$

CT , cambio de temperatura entre el aire interior y exterior, $[^{\circ}F]$.

$$Q_l = 0.68 * CFM * (W_i' - W_e') \quad (10)$$

Q_l , calor latente necesario para el aire de infiltración o ventilación, $[\frac{BTU}{h}]$.

CFM , velocidad de infiltración o ventilación del aire, $[\frac{ft^3}{min}]$.

W_i' W_e' , relaciones de humedad mayor (interior) y menor (exterior) expresadas en granos de agua/lb de aire seco (gr W/lb d.a).

4. METODOLOGIA

Para llevar a cabo y de la mejor manera el proyecto planteado y cumplir con los objetivos propuestos anteriormente, se desarrolló una serie de actividades entre las cuales están:

- Revisión teórica.
- Recopilación de datos.
- Análisis de datos.
- Toma de datos.
- Análisis de datos tomados.
- Establecimiento de línea base.
- Estudio de alternativas de mejora de eficiencia en los sistemas de aire acondicionado.
 - Estudio técnico.
 - Estudio económico.
- Selección de la mejor alternativa de mejora.
- Informe final.

La metodología planteada consta de cinco fases como se muestra en el siguiente diagrama.

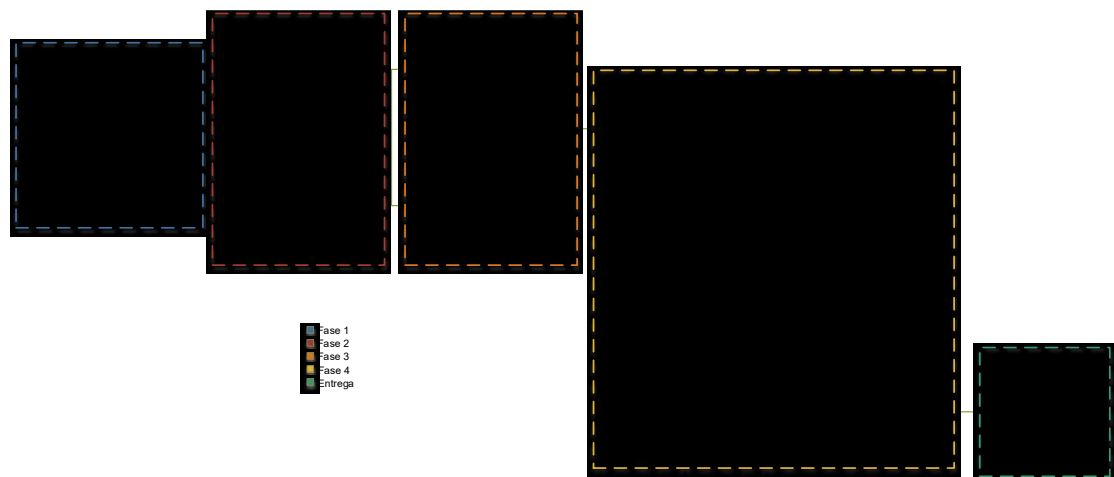


Figura 17. Diagrama de bloques de la metodología.

FASE 1

- Realizar una revisión teórica sobre la temática del proyecto para recopilar la información más relevante para la realización correcta del proyecto.

FASE 2

- Realizar una recopilación de información con el fin de identificar las instalaciones y sistemas de climatización existentes en el Campus el Bosque de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- Definir el método con el cual se trabajará para determinar el valor de la carga térmica, en este caso se utilizará la metodología planteada por Edward. G. Pita en su libro *Air Conditioning Principles and Systems* (capítulo 6), la cual se basa en los métodos recomendados por la ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado), los cuales se centran en sistemas de construcción, eficiencia energética, calidad del aire interior, refrigeración y tecnologías de sostenibilidad.
- Identificar los materiales de construcción de las paredes, techos, puertas, ubicación, así como el levantamiento geométrico de cada una de las aulas del campus.
- Desarrollar la hoja de cálculo en Excel para realizar el levantamiento de cargas térmico en cada una de las aulas del campus el bosque.
- Analizar los resultados obtenidos.

FASE 3

- Realizar el levantamiento de cargas eléctrico, para esto se utilizó una pinza amperimétrica para medida de calidad eléctrica Fluke 345 Power Quality, para tomar datos de potencia, voltaje y corriente de cada equipo existente en el campus.
- Analizar la información obtenida y establecer el método con el cual se establecerá la línea base, en este caso se hará mediante el diagrama de Pareto, esta grafica permitirá identificar que sistemas tienen mayor consumo.

FASE 4

- Plantear las propuestas de mejora a implementar en los sistemas de mayor consumo con su respectivo potencial de ahorro respecto al consumo de energía eléctrica actual.
- Realizar la evaluación financiera a cada propuesta planteada con el fin de saber cuál de estas propuestas es la de mejor inversión.

FASE 5

- Analizar los resultados obtenidos de la evaluación técnico-económica y seleccionar las mejores opciones de inversión.

5. RESULTADOS

En este capítulo, se da a conocer de forma detallada los resultados que se obtuvieron durante la realización del proyecto, cabe mencionar que se realizó una identificación de los equipos y sistemas de climatización actual en el campus el bosque, se realizó un levantamiento de cargas tanto térmicas como eléctricas, se realizó una caracterización energética de los equipos, se identificaron los equipos de mayor consumo para ser estudiados y a estos plantearles las propuestas de mejora y finalmente así realizar la evaluación financiera para identificar las mejores opciones de inversión.

5.1. INSTALACIONES Y SISTEMAS DE CLIMATIZACION ACTUAL

Actualmente el campus el bosque de la Universidad Autónoma de Bucaramanga cuenta con dos bloques y el sistema de aire acondicionado en estos bloques está conformado por 54 equipos entre los cuales hay de tipo cassette, paquete, ventana, Split, minisplit, chiller, manejadora, fancoil y piso techo.

El bloque 1 (Bloque de medicina), cuenta con 33 equipos independientes de tipo cassette, paquete, ventana, Split, minisplit los cuales le suministran aire a 4 laboratorios, 10 salones, la oficina de patología, sala de juntas, decanatura, un cuarto freezer, una sala de informática, biblioteca y sala Chicamocha.

El bloque 2 (bloque de psicología), cuenta con un chiller el cual le suministra aire al edificio mediante 15 manejadoras y 2 fancoil, que son distribuidos por rejillas o ductos a 9 salones, 5 aulas de informática, al auditorio y el antiguo programa de psicología.

El levantamiento de los sistemas de climatización actual en el campus el bosque se encuentra en la tabla B1 adjuntada en el anexo B.

5.2. CALCULO CARGA TERMICA

El cálculo de carga térmica en cada aula primero se realizó a máxima carga, es decir, con el máximo número de personas que están permitidos en cada aula y con todas las luces y equipos funcionando, esto para poder determinar el tamaño de cada sistema, pero como realmente las aulas no se encuentran a estas condiciones a este cálculo se le aplicaron unos factores para estimar la carga térmica real de las aulas.

5.2.1. CARGA TERMICA MAXIMA

Para realizar este cálculo en cada una de las aulas, se desarrolló una hoja de cálculo en Excel, la cual se explica detalladamente en el anexo C, los valores calculados de la carga térmica máxima en cada una de las aulas son los siguientes:

- a. Bloque 1 (medicina)

Tabla 1. Calculo de carga térmica del Bloque 1 (Medicina)

UBICACIÓN	CARGA TERMICA [BTU/h]
PISO 6 - HISTOLOGIA 1	33131,43001
PISO 6 - HISTOLOGIA 2	33131,43001
PISO 6 - LAB.PATOLOGIA 1	39744,43001
PISO 6 - LAB.PATOLOGIA 2	39744,43001
PISO 6 - LAB.MICROBIOLOGIA	38950,78923
PISO 6 - OFICINA PATOLOGIA	35513,40785
PISO 5 - SEÑALES BIOLÓGICAS	33056,61183
PISO 5 - SIMULACION	30206,08194
LAB. REGISTRO QUIMICO	24276,21491
PISO 4 - REGISTRO QUIMICOS 1	52142,07259

PISO 4 - REGISTRO QUIMICOS 2	52142,07259
PISO 4 SALON SG-1-1	62130,30167
PISO 4 SALON SG-1-2	62130,30167
PISO 4 REGISTRO QUIMICO	2351,183243
PISO 4 SALON SP1	26138,15329
SALA DE JUNTAS	14614,18203
PISO 3 - DECANATURA	13093,45194
CUARTO FREZZER	25539,97845
PISO 5 SALON SG-2-1	66330,30167
PISO 5 SALON SG-2-2	66330,30167
PISO 5 SALON SP2	26138,15329
SOTANO CUARTO UPS	3128,356389
SOTANO CUARTO UPS	3128,356389

b. Bloque 2 (psicología)

Tabla 2. Calculo carga térmica de los equipos alimentados por el chiller

UBICACIÓN	CARGA TERMICA [BTU/h]	
PISO 3 TERRAZA AUDITORIO	89939,48863	825441,7832
PISO 4 - EQUIPO 9 (S4-3)	28714,38021	
PISO 4 - EQUIPO 10 (S4-2)	28872,04341	
PISO 4 - EQUIPO 11 (S4-1)	28758,37924	
PISO 4 - EQUIPO 12 (S4-7,4-8)	61743,60709	
PISO 4 - EQUIPO 13 (S4-4,4-5)	87690,18291	
PISO 4 - EQUIPO 14 (S4-6)	58492,41528	
PISO 5 - EQUIPO 1 (psicología)	34027,85872	

PISO 5 - EQUIPO 2 (S5-1)	29040,1073
PISO 5 - EQUIPO 3 (Aulas inf)	53081,40074
PISO 5 - EQUIPO 4 (S5-2)	27086,60886
PISO 5 - EQUIPO 5 (Aulas inf)	75923,36421
PISO 5 - EQUIPO 6 (S5-3)	29450,61796
PISO 5 - EQUIPO 7 (Aulas inf)	32458,48222
PISO 5 - EQUIPO 8 (S5-4)	29003,86917
AUDITORIO S3-3 # 2	69079,48863
AUDITORIO S3-3 # 1	69079,48863

5.2.2. CARGA TERMICA CORREGIDA

Para realizar este cálculo, se hallaron para cada uno de los salones dos factores, uno de personas que depende del número de personas que realmente ocupan el salón, y otro de horas que depende del número de horas de uso del salón. Para realizar el cálculo de estos dos factores se tuvo en cuenta la programación del segundo semestre del año 2017 la cual contiene la información en cuanto a clases, horario de clases y personas inscritas en la clase de cada salón, laboratorios y aulas, con esta información se pudo determinar el número de personas que ocupa cada recinto y el tiempo que estos recintos están ocupados en el segundo semestre del 2017, en el anexo D se puede ver en la tabla D1 la información de horas de ocupación por día de cada salón y el valor del factor, y en la tabla D2 la información de personas que estas en esos horas por día de cada salón y el valor del factor.

El factor por horas se calculó, tomando el registro de las horas para cada salón, donde se sumó el número de horas de cada día de la semana para cada recinto, luego este valor se multiplica por 20 que son el número de semanas en el semestre para este campus, dando así el total de horas semestrales de cada salón de acuerdo a la programación académica. También se calculó las horas máximas por cada aula

multiplicando los 5 días de clase a la semana, por las 16 horas diarias estimadas de clase y por 20 semanas en el semestre de clase. Con estos datos, se calcula el factor por horas de la siguiente manera:

$$F_{horas} = \frac{H_{totales}}{H_{maximas}} \quad (111)$$

El factor de ocupación se calculó tomando el registro de las personas para cada clase en cada salón, donde se sumó el número de personas inscritas por clase en el salón para cada día de la semana, luego este valor se multiplica por el número de semanas de clase que son 20 que son el número de semanas en el semestre para el campus, dando así el total de personas semestrales de cada salón de acuerdo a la programación académica. También se calculó las personas máximas por cada aula multiplicando las horas de ocupación del salón por la capacidad máxima y por 20 semanas en el semestre de clase. Con estos datos, se calcula el factor por personas de la siguiente manera:

$$F_{personas} = \frac{P_{totales}}{P_{maximas}} \quad (12)$$

Los valores calculados de los factores por horas y por personas de cada uno de los salones se pueden ver en la siguiente tabla:

Tabla 3. Factor por horas y por personas de cada salón.

UBICACIÓN	FH	FP
PISO 6 - HISTOLOGIA 1	0.5	0.625
PISO 6 - HISTOLOGIA 2	0.5	0.625
PISO 6 - LAB.PATOLOGIA 1	0.5	0.625

PISO 6 - LAB.PATOLOGIA 2	0.5	0.625
PISO 6 - LAB.MICROBIOLOGIA	0.4	0.625
PISO 6 - OFICINA PATOLOGIA	0.55	1
PISO 5 - SEÑALES BIOLÓGICAS	0.4	0.625
PISO 5 - SIMULACION	0.4	0.625
LAB. REGISTRO QUIMICO	0.5	0.5
PISO 4 - REGISTRO QUIMICOS 1	0.5	0.625
PISO 4 - REGISTRO QUIMICOS 2	0.5	0.625
PISO 4 SALON SG-1-1	0.7375	0.4
PISO 4 SALON SG-1-2	0.7375	0.4
PISO 4 REGISTRO QUIMICO	1	1
PISO 4 SALON SP1	0.525	0.73
SALA DE JUNTAS	0.5	0.5
PISO 3 - DECANATURA	0.5	0.5
CUARTO FREEZER	1	1
PISO 5 SALON SG-2-1	0.6875	0.4
PISO 5 SALON SG-2-2	0.6875	0.4
PISO 5 SALON SP2	0.575	0.76
SOTANO CUARTO UPS	1	1
SOTANO CUARTO UPS	1	1
PISO 3 TERRAZA AUDITORIO	0.5625	0.5305
PISO 4 - EQUIPO 9 (Salón 4-3)	0.5125	0.5329
PISO 4 - EQUIPO 10 (Salón 4-2)	0.45	0.5444
PISO 4 - EQUIPO 11 (Salón 4-1)	0.525	0.5919
PISO 4 - EQUIPO 12 (Salón 4-7)	0.3875	0.5441
PISO 4 - EQUIPO 12 (Salón 4-8)	0.5	0.5239
PISO 4 - EQUIPO 13 (Salón 4-4)	0.6125	0.4487
PISO 4 - EQUIPO 13 (Salón 4-5)	0.525	0.4259
PISO 4 - EQUIPO 14 (Salón 4-6)	0.65	0.411

PISO 5 - EQUIPO 1 (psicología)	0.5	0.5
PISO 5 - EQUIPO 2 (Salón 5-1)	0.325	0.5485
PISO 5 - EQUIPO 3 (Aulas inf)	0.5	0.5
PISO 5 - EQUIPO 4 (Salón 5-2)	0.5625	0.1886
PISO 5 - EQUIPO 5 (Aulas inf)	0.5	0.5
PISO 5 - EQUIPO 6 (Salón 5-3)	0.425	0.4647
PISO 5 - EQUIPO 7 (Aulas inf)	0.5	0.5
PISO 5 - EQUIPO 8 (Salón 5-4)	0.4875	0.6103
AUDITORIO S3-3 # 2	0.6125	0.4045
AUDITORIO S3-3 # 1	0.6125	0.4045

A continuación, se muestra el valor de las cargas térmicas corregidas en cada una de las aulas.

UBICACIÓN	CARGA TERMICA MÁXIMA[BTU/h]	CARGA TERMICA CORREGIDA[BTU/h]
PISO 6 - HISTOLOGIA 1	33131.43001	18665.71501
PISO 6 - HISTOLOGIA 2	33131.43001	18665.71501
PISO 6 - LAB.PATOLOGIA 1	39744.43001	21972.21501
PISO 6 - LAB.PATOLOGIA 2	39744.43001	21972.21501
PISO 6 - LAB.MICROBIOLOGIA	38950.78923	19360.31569
PISO 6 - OFICINA PATOLOGIA	35513.40785	20477.37432
PISO 5 - SEÑALES BIOLÓGICAS	33056.61183	17002.64473
PISO 5 - SIMULACION	30206.08194	15862.43278
LAB. REGISTRO QUIMICO	24276.21491	12138.10746
PISO 4 - REGISTRO QUIMICOS 1	52142.07259	28171.03629
PISO 4 - REGISTRO QUIMICOS 2	52142.07259	28171.03629
PISO 4 SALON SG-1-1	62130.30167	32354.84748
PISO 4 SALON SG-1-2	62130.30167	32354.84748

PISO 4 REGISTRO QUIMICO	2351.183243	2351.183243
PISO 4 SALON SP1	26138.15329	16736.03048
SALA DE JUNTAS	14614.18203	7307.091014
PISO 3 - DECANATURA	13093.45194	6546.72597
CUARTO FREZZER	25539.97845	25539.97845
PISO 5 SALON SG-2-1	66330.30167	32923.3324
PISO 5 SALON SG-2-2	66330.30167	32923.3324
PISO 5 SALON SP2	26138.15329	17748.93814
SOTANO CUARTO UPS	3128.356389	3128.356389
SOTANO CUARTO UPS	3128.356389	3128.356389
PISO 3 TERRAZA AUDITORIO	82939.48863	44771.86236
PISO 4 - EQUIPO 9 (Salón 4-3)	28714.38021	15144.51986
PISO 4 - EQUIPO 10 (Salón 4-2)	28872.04341	14974.81954
PISO 4 - EQUIPO 11 (Salón 4-1)	28758.37924	16503.0491
PISO 4 - EQUIPO 12 (Salón 4-7)	28564.0141	14028.29547
PISO 4 - EQUIPO 12 (Salón 4-8)	33179.59298	17041.50649
PISO 4 - EQUIPO 13 (Salón 4-4)	47262.79551	24132.74225
PISO 4 - EQUIPO 13 (Salón 4-5)	40427.3874	18518.94839
PISO 4 - EQUIPO 14 (Salón 4-6)	58492.41528	27982.06994
PISO 5 - EQUIPO 1 (psicología)	34027.85872	17013.92936
PISO 5 - EQUIPO 2 (Salón 5-1)	29040.1073	14131.53487
PISO 5 - EQUIPO 3 (Aulas inf)	53081.40074	26540.70037
PISO 5 - EQUIPO 4 (Salón 5-2)	27086.60886	8169.507482
PISO 5 - EQUIPO 5 (Aulas inf)	75923.36421	37961.6821
PISO 5 - EQUIPO 6 (Salón 5-3)	29450.61796	13350.21263
PISO 5 - EQUIPO 7 (Aulas inf)	32458.48222	16229.24111
PISO 5 - EQUIPO 8 (Salón 5-4)	29003.86917	16718.18622
AUDITORIO S3-3 # 2	69079.48863	32963.66679
AUDITORIO S3-3 # 1	69079.48863	32963.66679

5.3. LEVANTAMIENTO DE CARGAS

En el levantamiento de cargas se recopilaron las potencias consumidas actualmente por los sistemas de aire acondicionado, de igual manera se recopiló la carga térmica nominal de los equipos instalados.

5.3.1. LEVANTAMIENTO POTENCIA ELECTRICA (MEDIDA)

Para el levantamiento de cargas se tuvo que hacer mediciones a cada uno de los equipos instalados en el campus el bosque, para esto se hizo uso de una pinza amperimétrica de calidad de la energía FLUKE 345 PQ, la cual nos mostraba los valores de potencia eléctrica que consume cada compresor de cada equipo, ya que este es el que genera mayor consumo en todo el ciclo de refrigeración y fue al que se tuvo acceso. Los valores obtenidos para el levantamiento de carga se muestran a continuación.

a. Bloque 1 (Medicina)

Tabla 4. Levantamiento de potencia eléctrica (Bloque 1)

UBICACIÓN	POTENCIA ELECTRICA [kW]
PISO 6 - HISTOLOGIA 1	1,266
PISO 6 - HISTOLOGIA 2	1,421
PISO 6 - LAB.PATOLOGIA 1	1,349
PISO 6 - LAB.PATOLOGIA 2	1,252
PISO 6 - LAB.MICROBIOLOGIA	2,273
PISO 6 - OFICINA PATOLOGIA	2,231

PISO 5 - SEÑALES BIOLÓGICAS	1,97
PISO 5 - SIMULACION	5,2
LAB. REGISTRO QUIMICO	3,25
PISO 4 - REGISTRO QUIMICOS 1	0,998
PISO 4 - REGISTRO QUIMICOS 2	3,136
PISO 4 SALON SG-1-1	0,867
PISO 4 SALON SG-1-2	2,24
PISO 4 REGISTRO QUIMICO	3,47
PISO 4 SALON SP1	1,652
SALA DE JUNTAS	1,91
PISO 3 - DECANATURA	0,87
CUARTO FREEZER	3,23
PISO 5 SALON SG-2-1	1,404
PISO 5 SALON SG-2-2	3,658
PISO 5 SALON SP2	1,975
SOTANO CUARTO UPS	1,13
SOTANO CUARTO UPS	1,237

b. Bloque 2 (Psicología)

Tabla 5. Levantamiento de potencia eléctrica (Bloque 2)

UBICACIÓN	POTENCIA ELECTRICA [kW]	
PISO 3 TERRAZA AUDITORIO	1,181	41,6
PISO 4 - EQUIPO 9 (S4-3)	0,639	
PISO 4 - EQUIPO 10 (S4-2)	0,649	
PISO 4 - EQUIPO 11 (S4-1)	0,636	
PISO 4 - EQUIPO 12 (S4-7,4-8)	0,86	
PISO 4 - EQUIPO 13 (S4-4,4-5)	1,471	

PISO 4 - EQUIPO 14 (S4-6)	1,023
PISO 5 - EQUIPO 1 (psicología)	1,465
PISO 5 - EQUIPO 2 (S5-1)	0,682
PISO 5 - EQUIPO 3 (Aulas inf)	1,026
PISO 5 - EQUIPO 4 (S5-2)	0,636
PISO 5 - EQUIPO 5 (Aulas inf)	0,984
PISO 5 - EQUIPO 6 (S5-3)	0,676
PISO 5 - EQUIPO 7 (Aulas inf)	0,772
PISO 5 - EQUIPO 8 (S5-4)	0,574
AUDITORIO S3-3 # 2	0,135
AUDITORIO S3-3 # 1	0,162

5.3.2. LEVANTAMIENTO DE CARGA TERMICA NOMINAL

Para poder realizar la comparación en el dimensionamiento de los equipos, se requiere de hacer un levantamiento de carga térmica de los equipos, para así compararlos con los calculados anteriormente. En la siguiente tabla se puede ver esta información.

- a. Bloque 1 (Medicina)

Tabla 6. Carga térmica nominal (Bloque 1)

UBICACIÓN	CARGA TERMICA NOMINAL [BTU/h]
PISO 6 - HISTOLOGIA 1	36000
PISO 6 - HISTOLOGIA 2	36000
PISO 6 - LAB.PATOLOGIA 1	36000
PISO 6 - LAB.PATOLOGIA 2	36000

PISO 6 - LAB.MICROBIOLOGIA	60000
PISO 6 - OFICINA PATOLOGIA	24000
PISO 5 - SEÑALES BIOLÓGICAS	60000
PISO 5 - SIMULACION	48000
LAB. REGISTRO QUIMICO	24000
PISO 4 - REGISTRO QUIMICOS 1	36000
PISO 4 - REGISTRO QUIMICOS 2	36000
PISO 4 SALON SG-1-1	36000
PISO 4 SALON SG-1-2	36000
PISO 4 REGISTRO QUIMICO	24000
PISO 4 SALON SP1	36000
SALA DE JUNTAS	24000
PISO 3 - DECANATURA	12000
CUARTO FREZZER	60000
PISO 5 SALON SG-2-1	36000
PISO 5 SALON SG-2-2	36000
PISO 5 SALON SP2	36000
SOTANO CUARTO UPS	36000
SOTANO CUARTO UPS	36000

b. Bloque 2 (Psicología)

Tabla 7. Carga térmica nominal (Bloque 2)

UBICACIÓN	CARGA TERMICA NOMINAL [BTU/h]	
PISO 3 TERRAZA AUDITORIO	192000	1632000
PISO 4 - EQUIPO 9 (S4-3)	60000	
PISO 4 - EQUIPO 10 (S4-2)	60000	

PISO 4 - EQUIPO 11 (S4-1)	60000
PISO 4 - EQUIPO 12 (S4-7,4-8)	144000
PISO 4 - EQUIPO 13 (S4-4,4-5)	144000
PISO 4 - EQUIPO 14 (S4-6)	144000
PISO 5 - EQUIPO 1 (psicología)	60000
PISO 5 - EQUIPO 2 (S5-1)	60000
PISO 5 - EQUIPO 3 (Aulas inf)	60000
PISO 5 - EQUIPO 4 (S5-2)	60000
PISO 5 - EQUIPO 5 (Aulas inf)	60000
PISO 5 - EQUIPO 6 (S5-3)	60000
PISO 5 - EQUIPO 7 (Aulas inf)	60000
PISO 5 - EQUIPO 8 (S5-4)	60000
AUDITORIO S3-3 # 2	60000
AUDITORIO S3-3 # 1	60000

5.4. CARACTERIZACION ENERGETICA

Para la caracterización energética, se realizó un balance de energía con las potencias eléctricas medidas y la carga térmica que se calculó para cada aula. La caracterización permite determinar si los equipos instalados son los adecuados para la carga térmica requerida en cada aula.

5.4.1. CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL BLOQUE 1 (MEDICINA)

a. Histología

Carga térmica nominal = 36000 [BTU/h] – 10.55 [kW]

Carga térmica Máxima = 33131.43001 [BTU/h] – 9.71 [kW]

Potencia eléctrica medida equipo 1 = 1.266 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga termica nominal}}{\text{potencia electrica}} = \frac{10.55}{1.266} = 8.33$$

Potencia eléctrica medida equipo 2 = 1.421 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga termica nominal}}{\text{potencia electrica}} = \frac{10.55}{1.421} = 7.42$$

Carga térmica corregida=18665.71501 [BTU/h] – 5.47 [kW]

El sistema de acondicionamiento del laboratorio de histología presenta un diseño sobredimensionado, ya que este laboratorio tiene dos equipos de 36000 [BTU/h], es decir, la capacidad térmica de este sistema es de 72000 [BTU/h] y este requiere es 33131.43001 [BTU /h].

Por otro lado, aunque el diseño se realiza a la carga máxima, realmente este salón requiere una carga de 18665.71501 [BTU /h], lo que rectifica que actualmente el sistema se encuentra sobredimensionado.

b. Laboratorio patología

Carga térmica nominal = 36000 [BTU /h] – 10.55 [kW]

Carga térmica Máxima = 39744.43001 [BTU /h] – 11.65 [kW]

Potencia eléctrica medida equipo 1 =1.349 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga termica nominal}}{\text{potencia electrica}} = \frac{10.55}{1.349} = 7.82$$

Potencia eléctrica medida equipo 2 = 1.252 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga termica nominal}}{\text{potencia electrica}} = \frac{10.55}{1.252} = 8.43$$

Carga térmica corregida=21972.21501 [BTU /h] – 6.44 [kW]

El sistema de acondicionamiento del laboratorio de patología presenta un diseño sobredimensionado, ya que este laboratorio tiene dos equipos de 36000 [BTU /h], es decir, la capacidad térmica de este sistema es de 72000 [BTU /h] y este requiere es 39744.43001 [BTU /h].

El diseño se hace a carga máxima y realmente este salón requiere una carga de 21972.21501 [BTU /h], lo que rectifica que actualmente el sistema se encuentra sobredimensionado.

c. Laboratorio microbiología

Carga térmica nominal = 60000 [BTU /h] – 17.58 [kW]

Carga térmica Máxima = 38950.78923 [BTU /h] – 11.42 [kW]

Potencia eléctrica medida = 2.273 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga térmica nominal}}{\text{potencia eléctrica}} = \frac{17.58}{2.273} = 7.74$$

Carga térmica corregida = 19360.31569 [BTU /h] – 5.67 [kW]

El sistema de acondicionamiento del laboratorio microbiología presenta un diseño sobredimensionado, ya que el sistema instalado tiene una capacidad térmica de 60000 [BTU /h] y este requiere es 38950.78923 [BTU /h], por otro lado, el diseño se hace a carga máxima y realmente este salón requiere una carga de 19360.31569 [BTU /h], lo que rectifica que actualmente el sistema se encuentra sobredimensionado.

d. Oficina patología

Carga térmica nominal = 24000 [BTU /h] – 7.03 [kW]

Carga térmica Máxima = 35513.40785 [BTU /h] – 10.41 [kW]

Potencia eléctrica medida = 2.231 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga térmica nominal}}{\text{potencia eléctrica}} = \frac{7.03}{2.231} = 3.15$$

Carga térmica corregida = 20477.37432 [BTU /h] – 6 [kW]

El sistema de acondicionamiento de la oficina patología presenta un diseño subdimensionado, ya que el sistema instalado tiene una capacidad térmica de 24000 [BTU /h] y este requiere es 35513.40785 [BTU /h].

Por otro lado, el diseño se hace a carga térmica máxima y realmente este salón requiere una carga de 20477.37432 [BTU /h], lo que quiere decir que actualmente el sistema se encuentra correctamente dimensionado.

e. Señales Biológicas

Carga térmica nominal = 64000 [BTU /h] – 17.58 [kW]

Carga térmica Máxima = 33056.61183 [BTU /h] – 9.69 [kW]

Potencia eléctrica medida =1.97 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga térmica nominal}}{\text{potencia eléctrica}} = \frac{17.58}{1.97} = 8.93$$

Carga térmica corregida=17002.64473 [BTU /h] – 4.98 [kW]

El sistema de acondicionamiento de señales biológicas presenta un diseño sobredimensionado, ya que el sistema instalado tiene una capacidad térmica de 60000 [BTU /h] y este requiere es 33056.61183 [BTU /h].

Por otro lado, el diseño se hace a carga térmica máxima y realmente este salón requiere una carga de 17002.64473 [BTU /h], lo que rectifica que actualmente el sistema se encuentra sobredimensionado.

f. Simulación

Carga térmica nominal = 48000 [BTU /h] – 14.07 [kW]

Carga térmica Máxima = 30206.08194 [BTU /h] – 8.85 [kW]

Potencia eléctrica medida =5.2 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga térmica nominal}}{\text{potencia eléctrica}} = \frac{14.07}{5.2} = 2.71$$

Carga térmica corregida=15862.43278 [BTU /h] – 4.65 [kW]

El sistema de acondicionamiento de simulación presenta un diseño sobredimensionado, ya que el sistema instalado tiene una capacidad térmica de 48000 [BTU /h] y este requiere es 30206.08194 [BTU /h].

Por otro lado, el diseño se hace a carga térmica máxima y realmente este salón requiere una carga de 15862.43278 [BTU /h], lo que rectifica que actualmente el sistema se encuentra sobredimensionado.

g. Laboratorio registros químicos

Carga térmica nominal = 24000 [BTU /h] – 7.03 [kW]

Carga térmica Máxima = 24276.21491 [BTU /h] – 7.11 [kW]

Potencia eléctrica medida = 3.25 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga térmica nominal}}{\text{potencia eléctrica}} = \frac{7.03}{3.25} = 2.16$$

Carga térmica corregida = 12138.10746 [BTU /h] – 3.56 [kW]

El sistema de acondicionamiento del laboratorio registros químicos presenta un diseño correctamente dimensionado, ya que el sistema instalado tiene una capacidad térmica de 24000 [BTU /h] y este requiere 24276.21491 [BTU /h].

Por otro lado, el diseño se hace a carga térmica máxima y realmente este salón requiere una carga de 13138.10746 [BTU /h], por lo que actualmente el sistema se encuentra sobredimensionado.

h. Registros químicos

Carga térmica nominal = 36000 [BTU /h] – 10.55 [kW]

Carga térmica Máxima = 52142.07259 [BTU /h] – 15.28 [kW]

Potencia eléctrica medida equipo 1 = 0.998 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga térmica nominal}}{\text{potencia eléctrica}} = \frac{10.55}{0.998} = 10.57$$

Potencia eléctrica medida equipo 2 = 3.136 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga térmica nominal}}{\text{potencia eléctrica}} = \frac{10.55}{3.136} = 3.36$$

Carga térmica corregida=28171.03629 [BTU /h] – 8.26 [kW]

El sistema de acondicionamiento de registros químicos presenta un diseño sobredimensionado, ya que este laboratorio tiene dos equipos de 36000 [BTU /h], es decir, la capacidad térmica de este sistema es de 72000 [BTU /h] y este requiere es 52142.07259 [BTU /h].

El diseño se hace a carga máxima y realmente este salón requiere una carga de 28171.03629 [BTU /h], lo que rectifica que actualmente el sistema se encuentra sobredimensionado.

i. SG-1

Carga térmica nominal = 36000 [BTU /h] – 10.55 [kW]

Carga térmica Máxima = 62130.30167 [BTU /h] – 18.21 [kW]

Potencia eléctrica medida equipo 1 = 0.867 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga térmica nominal}}{\text{potencia eléctrica}} = \frac{10.55}{0.867} = 12.17$$

Potencia eléctrica medida equipo 2 = 2.24 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga térmica nominal}}{\text{potencia eléctrica}} = \frac{10.55}{2.24} = 4.71$$

Carga térmica corregida=32354.84748 [BTU /h] – 9.48 [kW]

El sistema de acondicionamiento del salón SG-1 presenta un diseño correctamente dimensionado, ya que este laboratorio tiene dos equipos de 36000 [BTU /h], es decir, la capacidad térmica de este sistema es de 72000 [BTU /h] y este requiere es 62130.30167 [BTU /h].

El diseño se hace a carga máxima y realmente este salón requiere una carga de 32354.84748 [BTU /h], por lo que actualmente el sistema se encuentra sobredimensionado.

j. Cuarto frio

Carga térmica nominal = 24000 [BTU /h] – 7.03 [kW]

Carga térmica Máxima = 2351.183243 [BTU /h] – 0.69 [kW]

Potencia eléctrica medida =3.47 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga térmica nominal}}{\text{potencia eléctrica}} = \frac{7.03}{3.47} = 2.03$$

Carga térmica corregida=2351.183243 [BTU /h] – 0.69 [kW]

El sistema de acondicionamiento del cuarto frio de registros químicos presenta un diseño sobredimensionado, ya que el sistema instalado tiene una capacidad térmica de 24000 [BTU /h] y este requiere 2351.183243 [BTU /h].

Por otro parte, en este caso este sobredimensionamiento se puede dar debido a las condiciones con las que deben estar las pruebas químicas que allí se guardan.

k. SP1

Carga térmica nominal = 36000 [BTU /h] – 10.55 [kW]

Carga térmica Máxima = 26138.15329 [BTU /h] – 7.66 [kW]

Potencia eléctrica medida =1.652 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga térmica nominal}}{\text{potencia eléctrica}} = \frac{10.55}{1.652} = 6.39$$

Carga térmica corregida= 16736.03048 [BTU /h] – 4.90 [kW]

El sistema de acondicionamiento del salón SP1 presenta un diseño sobredimensionado, ya que el sistema instalado tiene una capacidad térmica de 36000 [BTU /h] y este requiere 26138.15329 [BTU /h].

El diseño se hace a carga máxima y realmente este salón requiere una carga de 16736.03048 [BTU /h], lo que rectifica que actualmente el sistema se encuentra sobredimensionado.

l. Sala de juntas

Carga térmica nominal = 24000 [BTU /h] – 7.03 [kW]

Carga térmica Máxima = 14614.18203 [BTU /h] – 4.28 [kW]

Potencia eléctrica medida =1.91 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga térmica nominal}}{\text{potencia eléctrica}} = \frac{7.03}{1.91} = 3.68$$

Carga térmica corregida= 7307.091014 [BTU /h] – 2.14 [kW]

El sistema de acondicionamiento de la sala de juntas presenta un diseño sobredimensionado, ya que el sistema instalado tiene una capacidad térmica de 24000 [BTU /h] y este requiere 14614.18203 [BTU /h].

El diseño se hace a carga máxima y realmente esta sala requiere una carga de 7307.091014 [BTU /h], lo que rectifica que actualmente el sistema se encuentra sobredimensionado.

m. Decanatura

Carga térmica nominal = 12000 [BTU /h] – 3.52 [kW]

Carga térmica Máxima = 13093.45194 [BTU /h] – 3.84 [kW]

Potencia eléctrica medida =0.87 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga térmica nominal}}{\text{potencia eléctrica}} = \frac{3.52}{0.87} = 4.04$$

Carga térmica corregida= 6546.72597 [BTU /h] – 1.92 [kW]

El sistema de acondicionamiento de decanatura presenta un diseño correctamente dimensionado, ya que el sistema instalado tiene una capacidad térmica de 12000 [BTU /h] y este requiere 13093.45194 [BTU /h].

Por otro lado, el diseño se hace a carga térmica máxima y realmente este salón requiere una carga de 6546.72597 [BTU /h], por lo que actualmente el sistema se encuentra sobredimensionado.

n. Cuarto freezer

Carga térmica nominal = 60000 [BTU /h] – 17.58 [kW]

Carga térmica Máxima = 25539.97845 [BTU /h] – 7.49 [kW]

Potencia eléctrica medida = 3.23 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga térmica nominal}}{\text{potencia eléctrica}} = \frac{17.58}{3.23} = 5.44$$

Carga térmica corregida = 25539.97845 [BTU /h] – 7.49 [kW]

El sistema de acondicionamiento del cuarto freezer presenta un diseño sobredimensionado, ya que el sistema instalado tiene una capacidad térmica de 60000 [BTU /h] y este requiere 25539.97845 [BTU /h].

o. SG2

Carga térmica nominal = 36000 [BTU /h] – 10.55 [kW]

Carga térmica Máxima = 66330.30167 [BTU /h] – 19.44 [kW]

Potencia eléctrica medida equipo 1 = 1.404 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga térmica nominal}}{\text{potencia eléctrica}} = \frac{10.55}{1.404} = 7.51$$

Potencia eléctrica medida equipo 2 = 3.658 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga térmica nominal}}{\text{potencia eléctrica}} = \frac{10.55}{3.658} = 2.88$$

Carga térmica corregida=32923.3324 [BTU /h] – 9.65 [kW]

El sistema de acondicionamiento del salón SG-2 presenta un diseño correctamente dimensionado, ya que este laboratorio tiene dos equipos de 36000 [BTU /h], es decir, la capacidad térmica de este sistema es de 72000 [BTU /h] y este requiere es 66330.30167 [BTU /h].

El diseño se hace a carga máxima y realmente este salón requiere una carga de 32923.3324 [BTU /h], por lo que actualmente el sistema se encuentra sobredimensionado.

p. SP2

Carga térmica nominal = 36000 [BTU /h] – 10.55 [kW]

Carga térmica Máxima = 26138.15329 [BTU /h] – 7.66 [kW]

Potencia eléctrica medida =1.975 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga térmica nominal}}{\text{potencia eléctrica}} = \frac{10.55}{1.975} = 5.34$$

Carga térmica corregida= 17748.93814 [BTU /h] – 5.20 [kW]

El sistema de acondicionamiento del salón SP2 presenta un diseño sobredimensionado, ya que el sistema instalado tiene una capacidad térmica de 36000 [BTU /h] y este requiere 26138.15329 [BTU /h].

El diseño se hace a carga máxima y realmente este salón requiere una carga de 17748.93814 [BTU /h], lo que rectifica que actualmente el sistema se encuentra sobredimensionado.

5.4.2. CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA EL BLOQUE 2 (PSICOLOGÍA)

El chiller que alimenta el bloque 2 tiene las siguientes características

Carga térmica nominal = 1632000 [BTU /h] – 478.30 [kW]

Carga térmica Máxima = 825441.7832 [BTU /h] – 241.91 [kW]

Potencia eléctrica medida =41.6 [kW]

$$\text{COP} = \frac{\text{Carga térmica nominal}}{\text{potencia eléctrica}} = \frac{478.30}{41.6} = 11.49$$

Carga térmica corregida= 409140.1411 [BTU /h] – 119.91 [kW]

El sistema de acondicionamiento del bloque 2 presenta un diseño claramente sobredimensionado, ya que el sistema instalado tiene una capacidad térmica de 1632000 [BTU /h] y este requiere 825441.7832 [BTU /h], pero el diseño se hace a carga máxima y realmente la carga de este bloque es de 409140.1411 [BTU /h], lo que rectifica que actualmente el sistema está bastante sobredimensionado. A continuación, se muestra las características de cada salón que alimenta el chiller.

a. Auditorio

Carga térmica nominal de la manejadora= 192000 [BTU /h] – 56.27 [kW]

Carga térmica Máxima = 82939.48863 [BTU /h] – 24.31 [kW]

Potencia eléctrica medida del ventilador=1.181 [kW]

Carga térmica corregida= 44771.86236 [BTU /h] – 13.12 [kW]

La manejadora que le distribuye al auditorio presenta un diseño sobredimensionado, ya que la manejadora tiene una capacidad térmica de 192000 [BTU /h] y requiere 82939.48863 [BTU /h].

Aunque el diseño se hace a carga máxima, realmente el auditorio requiere para la programación académica de este semestre de 44771.86236 [BTU /h], lo que representa que actualmente es aún más evidente el sobredimensionamiento en este sistema.

b. S4-3

Carga térmica nominal de la manejadora= 60000 [BTU /h] – 17.58 [kW]

Carga térmica Máxima = 28714.38021 [BTU /h] – 8.42 [kW]

Potencia eléctrica medida del ventilador=0.639 [kW]

Carga térmica corregida= 15144.51986 [BTU /h] – 4.44 [kW]

La manejadora que le distribuye al salón S4-3 presenta un diseño sobredimensionado, ya que la manejadora tiene una capacidad térmica de 60000 [BTU /h] y requiere 28714.38021 [BTU /h].

Aunque el diseño se hace a carga máxima, realmente el salón requiere para la programación académica de este semestre de 15144.51986 [BTU /h], lo que representa que actualmente es aún más evidente el sobredimensionamiento en este sistema.

c. S4-2

Carga térmica nominal de la manejadora= 60000 [BTU /h] – 17.58 [kW]

Carga térmica Máxima = 28872.04341 [BTU /h] – 8.46 [kW]

Potencia eléctrica medida del ventilador=0.649 [kW]

Carga térmica corregida= 14974.81954 [BTU /h] – 4.39 [kW]

La manejadora que le distribuye al salón S4-2 presenta un diseño sobredimensionado, ya que la manejadora tiene una capacidad térmica de 60000 [BTU /h] y requiere 28872.04341 [BTU /h].

Aunque el diseño se hace a carga máxima, realmente el salón requiere para la programación académica de este semestre de 14974.81954 [BTU /h], lo que representa que actualmente es aún más evidente el sobredimensionamiento en este sistema.

d. S4-1

Carga térmica nominal de la manejadora= 60000 [BTU /h] – 17.58 [kW]

Carga térmica Máxima = 28758.37924 [BTU /h] – 8.43 [kW]

Potencia eléctrica medida del ventilador=0.636 [kW]

Carga térmica corregida= 16503.0491 [BTU /h] – 4.84 [kW]

La manejadora que le distribuye al salón S4-1 presenta un diseño sobredimensionado, ya que la manejadora tiene una capacidad térmica de 60000 [BTU /h] y requiere 28758.37924 [BTU /h].

Aunque el diseño se hace a carga máxima, realmente el salón requiere para la programación académica de este semestre de 16503.0491 [BTU /h], lo que representa que actualmente es aún más evidente el sobredimensionamiento en este sistema.

e. S4-7 Y S4-8

Carga térmica nominal de la manejadora= 144000 [BTU /h] – 42.2 [kW]

Carga térmica Máxima = 61743.60709 [BTU /h] – 18.10 [kW]

Potencia eléctrica medida del ventilador=0.86 [kW]

Carga térmica corregida= 31069.80196 [BTU /h] – 9.11 [kW]

Esta manejadora le distribuye al salón S4-7 y S4-8 y presenta un diseño sobredimensionado, ya que la manejadora tiene una capacidad térmica de 144000 [BTU /h] y estos salones requieren 61743.60709 [BTU /h].

Aunque el diseño se hace a carga máxima, realmente estos salones requieren para la programación académica de este semestre de 31069.80196 [BTU /h], lo que representa que actualmente es aún más evidente el sobredimensionamiento en este sistema.

f. S4-4 Y S4-5

Carga térmica nominal de la manejadora= 144000 [BTU /h] – 42.2 [kW]

Carga térmica Máxima = 87690.18291 [BTU /h] – 25.70 [kW]

Potencia eléctrica medida del ventilador=1.471 [kW]

Carga térmica corregida= 42651.69063 [BTU /h] – 12.50 [kW]

Esta manejadora le distribuye al salón S4-4 y S4-5 y presenta un diseño sobredimensionado, ya que la manejadora tiene una capacidad térmica de 144000 [BTU /h] y estos salones requieren 87690.18291 [BTU /h].

Aunque el diseño se hace a carga máxima, realmente estos salones requieren para la programación académica de este semestre de 42651.69063 [BTU /h], lo que representa que actualmente es aún más evidente el sobredimensionamiento en este sistema.

g. S4-6

Carga térmica nominal de la manejadora= 144000 [BTU /h] – 42.2 [kW]

Carga térmica Máxima = 58492.41528 [BTU /h] – 17.14 [kW]

Potencia eléctrica medida del ventilador=1.023 [kW]

Carga térmica corregida= 27982.06994 [BTU /h] – 8.20 [kW]

La manejadora que le distribuye al salón S4-6 presenta un diseño sobredimensionado, ya que la manejadora tiene una capacidad térmica de 144000 [BTU /h] y requiere 58492.41528 [BTU /h].

Aunque el diseño se hace a carga máxima, realmente el salón requiere para la programación académica de este semestre de 27982.06994 [BTU /h], lo que representa que actualmente es aún más evidente el sobredimensionamiento en este sistema.

h. PSICOLOGIA

Carga térmica nominal de la manejadora= 60000 [BTU /h] – 17.58 [kW]

Carga térmica Máxima = 34027.85872 [BTU /h] – 9.97 [kW]

Potencia eléctrica medida del ventilador=1.465 [kW]

Carga térmica corregida= 17013.92936 [BTU /h] – 4.99 [kW]

La manejadora que le distribuye al centro de estudios de psicología presenta un diseño sobredimensionado, ya que la manejadora tiene una capacidad térmica de 60000 [BTU /h] y requiere 34027.85872 [BTU /h].

Aunque el diseño se hace a carga máxima, realmente el salón requiere para la programación académica de este semestre de 17013.92936 [BTU /h], lo que representa que actualmente es aún más evidente el sobredimensionamiento en este sistema.

i. S5-1

Carga térmica nominal de la manejadora= 60000 [BTU /h] – 17.58 [kW]

Carga térmica Máxima = 29040.1073 [BTU /h] – 8.51 [kW]

Potencia eléctrica medida del ventilador=0.682 [kW]

Carga térmica corregida= 14131.53487 [BTU /h] – 4.14 [kW]

La manejadora que le distribuye al salón S5-1 presenta un diseño sobredimensionado, ya que la manejadora tiene una capacidad térmica de 60000 [BTU /h] y requiere 29040.1073 [BTU /h].

Aunque el diseño se hace a carga máxima, realmente el salón requiere para la programación académica de este semestre de 14131.53487 [BTU /h], lo que representa que actualmente es aún más evidente el sobredimensionamiento en este sistema.

j. S5-6

Carga térmica nominal de la manejadora= 60000 [BTU /h] – 17.58 [kW]

Carga térmica Máxima = 53081.140074 [BTU /h] – 15.56 [kW]

Potencia eléctrica medida del ventilador=1.026 [kW]

Carga térmica corregida= 26540.70037 [BTU /h] – 7.78 [kW]

La manejadora que le distribuye al aula de informática S5-6 presenta un diseño correctamente dimensionado, ya que la manejadora tiene una capacidad térmica de 60000 [BTU /h] y requiere 53081.140074 [BTU /h].

Aunque el diseño se hace a carga máxima, realmente el salón requiere para la programación académica de este semestre de 26540.70037 [BTU /h], lo que representa que actualmente el sistema presenta sobredimensionamiento.

k. S5-2

Carga térmica nominal de la manejadora= 60000 [BTU /h] – 17.58 [kW]

Carga térmica Máxima = 27086.60886 [BTU /h] – 7.94 [kW]

Potencia eléctrica medida del ventilador=0.636 [kW]

Carga térmica corregida= 8169.507482 [BTU /h] – 2.39 [kW]

La manejadora que le distribuye al salón S5-2 presenta un diseño sobredimensionado, ya que la manejadora tiene una capacidad térmica de 60000 [BTU /h] y requiere 27086.60886 [BTU /h].

Aunque el diseño se hace a carga máxima, realmente el salón requiere para la programación académica de este semestre de 8169.507482 [BTU /h], lo que representa que actualmente es aún más evidente el sobredimensionamiento en este sistema.

l. S5-7

Carga térmica nominal de la manejadora= 60000 [BTU /h] – 17.58 [kW]

Carga térmica Máxima = 75923.36421 [BTU /h] – 22.25 [kW]

Potencia eléctrica medida del ventilador=0.984 [kW]

Carga térmica corregida= 37961.6821 [BTU /h] – 11.13 [kW]

La manejadora que le distribuye al aula de informática S5-7 presenta un diseño subdimensionado, ya que la manejadora tiene una capacidad térmica de 60000 [BTU /h] y requiere 75923.36421 [BTU /h].

Aunque el diseño se hace a carga máxima, realmente el salón requiere para la programación académica de este semestre de 37961.6821 [BTU /h], lo que representa que actualmente el sistema presenta sobredimensionamiento.

m. S5-3

Carga térmica nominal de la manejadora= 60000 [BTU /h] – 17.58 [kW]

Carga térmica Máxima = 29450.61796 [BTU /h] – 8.63 [kW]

Potencia eléctrica medida del ventilador=0.676 [kW]

Carga térmica corregida= 13350.21263 [BTU /h] – 3.91 [kW]

La manejadora que le distribuye al salón S5-3 presenta un diseño sobredimensionado, ya que la manejadora tiene una capacidad térmica de 60000 [BTU /h] y requiere 29450.61796 [BTU /h].

Aunque el diseño se hace a carga máxima, realmente el salón requiere para la programación académica de este semestre de 13350.21263 [BTU /h], lo que representa que actualmente es aún más evidente el sobredimensionamiento en este sistema.

n. S5-8

Carga térmica nominal de la manejadora= 60000 [BTU /h] – 17.58 [kW]

Carga térmica Máxima = 32458.48222 [BTU /h] – 9.51 [kW]

Potencia eléctrica medida del ventilador=0.772 [kW]

Carga térmica corregida= 16229.24111 [BTU /h] – 4.76 [kW]

La manejadora que le distribuye al aula de informática S5-8 presenta un diseño sobredimensionado, ya que la manejadora tiene una capacidad térmica de 60000 [BTU /h] y requiere 32458.48222 [BTU /h].

Aunque el diseño se hace a carga máxima, realmente el salón requiere para la programación académica de este semestre de 16229.24111 [BTU /h], lo que representa que actualmente es aún más evidente el sobredimensionamiento en este sistema.

o. S5-4

Carga térmica nominal de la manejadora= 60000 [BTU /h] – 17.58 [kW]

Carga térmica Máxima = 29003.86917 [BTU /h] – 8.50 [kW]

Potencia eléctrica medida del ventilador=0.574 [kW]

Carga térmica corregida= 16718.18622 [BTU /h] – 4.99 [kW]

La manejadora que le distribuye al salón S5-4 presenta un diseño sobredimensionado, ya que la manejadora tiene una capacidad térmica de 60000 [BTU /h] y requiere 29003.86917 [BTU /h].

Aunque el diseño se hace a carga máxima, realmente el salón requiere para la programación académica de este semestre de 16718.18622 [BTU /h], lo que representa que actualmente es aún más evidente el sobredimensionamiento en este sistema.

p. S3-3

Carga térmica nominal de la manejadora= 60000 [BTU /h] – 17.58 [kW]

Carga térmica Máxima = 69079.48863 [BTU /h] – 20.25 [kW]

Potencia eléctrica medida del ventilador=0.132 [kW]

Carga térmica corregida= 32963.66679 [BTU /h] – 7.66 [kW]

La manejadora que le distribuye al salón S3-3 presenta un diseño correctamente dimensionado, ya que la manejadora tiene una capacidad térmica de 60000 [BTU /h] y requiere 69079.48863 [BTU /h].

Aunque el diseño se hace a carga máxima, realmente el salón requiere para la programación académica de este semestre de 69079.48863 [BTU /h], lo que representa que actualmente el sistema presenta sobredimensionamiento.

5.5. SISTEMAS DE MAYOR CONSUMO

Para establecer la línea base del proyecto, se realizó un diagrama de Pareto, con el fin de asignar un orden de prioridades, es decir, identificar cuales equipos son los que tienen mayor consumo para a estos realizarles las mejoras. Para realizar este diagrama primero se requiere ordenar los datos de forma descendente de izquierda a derecha, en este caso los datos son la potencia consumida por los equipos independientes del bloque 1 y por el chiller en el bloque 2, y de calcular un acumulado y el porcentaje acumulado, con esta información se conoce cuál es el 80% de los equipos que mayor consumo tienen. El diagrama realizado se muestra a continuación:

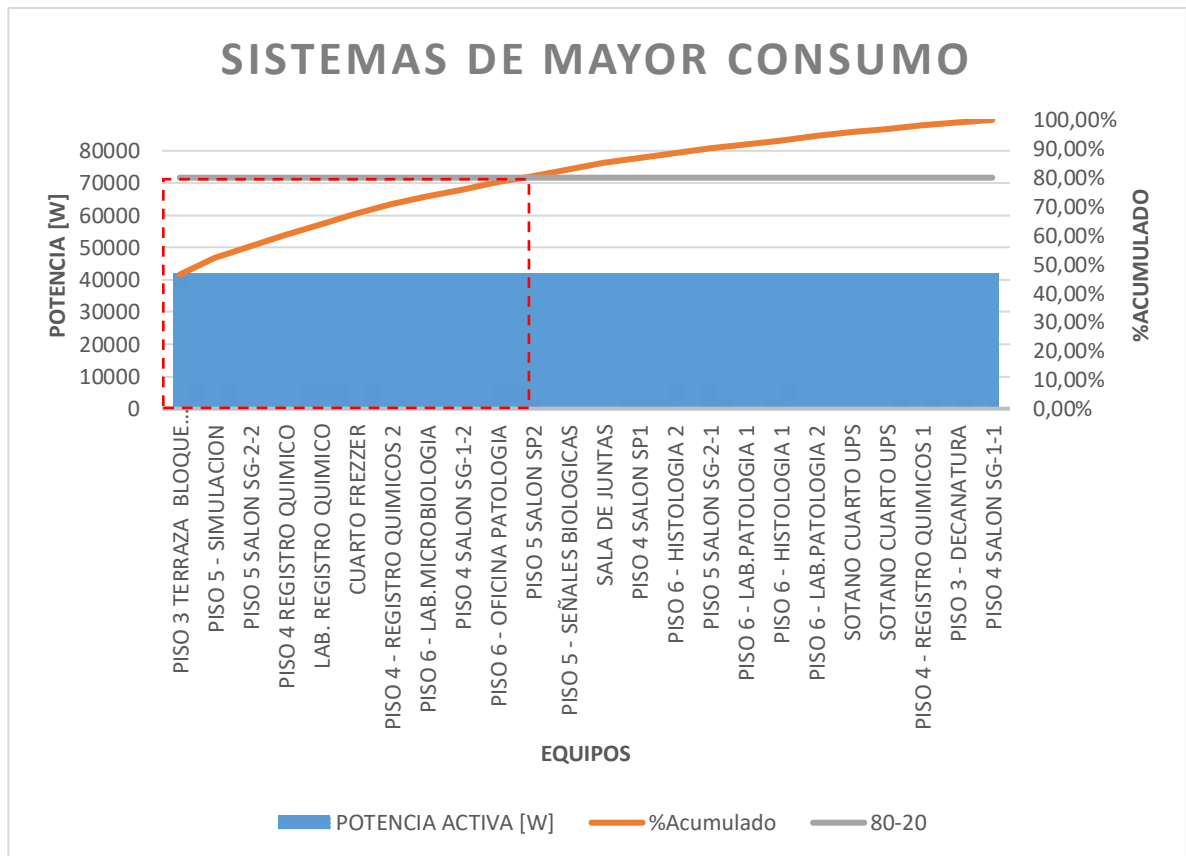


Figura 18. Sistemas de mayor consumo.

Los equipos que mayor consumo tienen y que representan el 80% del consumo total, son los encerrados en el recuadro rojo de la figura 18, los cuales son el chiller que alimenta en bloque 2, y del bloque 1 el equipo del piso 5-Simulación, piso 5 salón SG-2-2, piso 4 Registro químico (Cuarto frío), laboratorio registro químico, cuarto freezer, piso 4 registros químicos 2, piso 6 laboratorio de microbiología, piso 4 salón SG-1-1, piso 6 oficina patología y piso 5 salón SP2.

Cómo se mencionó anteriormente estos son los equipos que se estudiarán y con los que se trabajará para plantear las propuestas de mejora.

5.6. PROPUESTAS DE MEJORAS

Antes de plantear las propuestas a los equipos para ver el ahorro, se mira el consumo de la universidad, para esto se tuvo acceso a las cuentas de cobro de la UNAB respectivas a los meses de junio, julio y agosto, estas cuentas se pueden ver en el anexo E, se observa que los kWh consumidos durante estos tres meses es de 211.279 KWh, los cuales fueron cobrados a \$403.96 el kWh en el mes de junio, \$413.12 el kWh en el mes de julio y a \$420 el kWh en el mes de agosto, esto significa que la UNAB por estos tres meses cancelo \$89775260.

La caracterización energética permitió identificar el estado actual del dimensionamiento de los sistemas de aire acondicionado y con el diagrama de Pareto mostrado anteriormente se identificó cuáles son los equipos de mayor consumo, para así plantear las posibles mejoras que darían un cambio en los comportamientos y consumos del campus el bosque de la UNAB. Las mejoras que se plantean dependen del equipo, las características de este y de la utilización del aula en este periodo académico a la cual le suministra el equipo aire.

5.6.1. QUITANDO INFILTRACIONES

Los nuevos requisitos de eficiencia energética en edificaciones y las expectativas de ahorro de energía, ponen de manifiesto la importancia de quitar las infiltraciones de aire. A continuación, se muestra cual sería el ahorro si en los recintos de estos equipos no hay infiltraciones.

Tabla 8. Ahorro quitando infiltraciones.

UBICACIÓN	POTENCIA ELECTRICA [W]	CARGA TERMICA SIN INFILTRACIONES [BTU /h]	POTENCIA ELECTRICA	AHORRO [kW]	AHORRO (JUNIO- JULIO-
-----------	------------------------------	--	-----------------------	----------------	-----------------------------

			CORREGIDA [W]		AGOSTO)
PISO 3 TERRAZA BLOQUE PSICOLOGIA	41600	364536,55	37065	4,54	1795308
PISO 5 - SIMULACION	5200	14167,07	4644	0,56	68753
PISO 5 SALON SG-2-2	3658	29577,83	3286	0,37	101163
PISO 4 REGISTRO QUIMICO	3470	1617,00	2386	1,08	643407
LAB. REGISTRO QUIMICO	3250	10933,80	2928	0,32	63824
CUARTO FREZZER	3230	22855,46	2890	0,34	201599
PISO 4 - REGISTRO QUIMICOS 2	3136	25292,23	2816	0,32	39645
PISO 6 - LAB.MICROBIOL OGIA	2273	18330,18	2152	0,12	14962
PISO 4 SALON SG-1-1	2240	28766,04	1992	0,25	72538
PISO 6 - OFICINA PATOLOGIA	2231	19105,20	2082	0,15	29590
PISO 5 SALON SP2	1975	16331,75	1817	0,16	35895

TOTAL AHORRO [\$]	306668 5
--------------------------	---------------------

Si en los recintos donde están ubicados estos equipos se quitarán las infiltraciones, habría un ahorro de \$3066685, lo que equivale al 3.42% de lo pagado por estos tres meses.

5.6.2. OPERANDO A SEER DE 13 BTU/W

En los aires acondicionados, la eficiencia energética compara la cantidad de energía eléctrica que consume el equipo para absorber el calor generado por el recinto. A nivel internacional la eficiencia energética de los aires acondicionados es comúnmente medido por el factor de eficiencia de energía ambiental (SEER: seasonal energy efficiency ratio), a medida que este índice sea mayor, representa una mejor tecnología y por lo tanto mayor eficiencia del aire acondicionado.

$$SEER = \frac{Carga\ Termica \left[\frac{BTU}{h} \right]}{Potencia \left[\frac{kW}{h} \right]} \quad (13)$$

En la siguiente tabla se muestra el potencial de ahorro si los sistemas trabajaran a un SEER de 13.

Tabla 9. Ahorro trabajando a SEER 13.

UBICACIÓN	CARGA TERMICA CORREGIDA [BTU/h]	POTENCIA ELECTRICA [W]	POTENCIA CORREGIDA [W]	AHORRO [kW]	AHORRO (JUNIO- JULIO-
-----------	---------------------------------------	---------------------------	---------------------------	----------------	-----------------------------

					AGOSTO)
PISO 3 TERRAZA BLOQUE PSICOLOGIA	409140,14	41600	31472	10,13	400920 1
PISO 5 - SIMULACION	15862,43	5200	1220	3,98	492335
PISO 5 SALON SG-2-2	32923,33	3658	2533	1,13	306296
PISO 4 REGISTRO QUIMICO	2351,18	3470	181	3,29	195308 6
LAB. REGISTRO QUIMICO	12138,11	3250	934	2,32	458472
CUARTO FREZZER	25539,98	3230	1965	1,27	751384
PISO 4 - REGISTRO QUIMICOS 2	28171,04	3136	2167	0,97	119873
PISO 6 - LAB.MICROBIOL OGIA	19360,32	2273	1489	0,78	96956
PISO 6 - OFICINA PATOLOGIA	20477,37	2231	1575	0,66	129808
PISO 5 SALON SP2	17748,94	1975	1365	0,61	138781
TOTAL AHORRO [\$]					831740 9

Si estos equipos trabajaran a un SEER de 13, habría un ahorro de \$8317409 lo cual equivale al 9.26% de lo pagado por estos tres meses.

5.6.3. VARIADORES DE FRECUENCIA

Otra forma de cumplir con los requisitos de eficiencia energética en los sistemas de aire acondicionado, es la implementación de variadores de frecuencia, cabe resaltar que esta implementación es a los equipos que no son de tecnología inverter, ya que los variadores de frecuencia se basan en el principio de esta tecnología. El sistema de control del ciclo de refrigeración aplicando esta tecnología debe cumplir con las condiciones para operar al COP nominal.

En la siguiente tabla se muestra el ahorro si se implementan variadores de frecuencia a los equipos que no son de tecnología inverter.

UBICACIÓN	CARGA TERMI CA NOMIN AL [BTU/h]	POTENCI A ELECTRI CA [W]	CARGA TERMICA CORREGI DA [BTU/h]	POTENCI A ELECTRI CA CORREGI DA [W]	AHOR RO [kW]	AHOR RO (JUNIO -JULIO- AGOST O)
PISO 3 TERRAZA BLOQUE PSICOLOGIA	163200 0	41600	409140,14	10429	31,17	123395 02
PISO 5 - SIMULACION	48000	5200	15862,43	1718	3,48	430698
PISO 4 REGISTRO QUIMICO	24000	3470	2351,18	340	3,13	185862 3

LAB. REGISTRO QUIMICO	24000	3250	12138,11	1644	1,61	317939
CUARTO FREZZER	60000	3230	25539,98	1375	1,86	1101554
PISO 6 - LAB.MICROBIOLOGIA	60000	2273	19360,32	733	1,54	190457
PISO 6 - OFICINA PATOLOGIA	24000	2231	20477,37	1904	0,33	64815
TOTAL AHORRO [\$]						16303588

Si estos equipos trabajaran con la implementación de variadores de frecuencia, habría un ahorro de \$16303588 lo cual equivale al 18.16% de lo pagado por estos tres meses.

5.6.4. SENSOR DE PERSONAS

Para tener una mejor eficiencia energética en el sistema del chiller ya que este equipo dura encendido durante toda la jornada académica y optimizar el rendimiento del equipo, se plantea incorporar sensores de personas que se ajusten a cada manejadora para que sea capaz de regular su propio funcionamiento dependiendo de la presencia de personas; es decir que cuando no haya personas se cierre el flujo de aire de la manejadora y cuando haya se abra.

Debido a que hasta que un sistema de control no sea físicamente implementado en un sistema de aire acondicionado no se puede obtener ahorros con respecto a estas reducciones de potencia, pero como lo que se garantiza con esto es que las manejadoras del chiller solo funcionaran en los horarios respectivos en donde los

salones están ocupados según la programación académica, para esto se encuentra un ahorro aproximado con las disminuciones de tiempo en donde los compresores, ventiladores y bombas no funcionarían a su máxima capacidad; para calcular este ahorro aproximado se hace uso de la siguiente ecuación:

$$EnergiaAhorrada = P_{medidaV}(\Delta t) \quad (14)$$

En donde:

$P_{medidaV}$, es la potencia medida en las manejadoras [kW]

Δt , es el tiempo mínimo al vacío.

Los ahorros en el chiller se pueden ver en la siguiente tabla.

CHILLER	HORAS MAXIMAS (en 3 meses)	HORAS OCUPADAS (en 3 meses)	Pmedida [kW]	AHORRO [kW]	AHORRO [\$] (JUNIO- JULIO- AGOSTO)
PISO 3 TERRAZA AUDITORIO	960	540	1,181	496,02	613616
PISO 4 - EQUIPO 9 (Salón 4-3)	960	492	0,639	299,052	369951
PISO 4 - EQUIPO 10 (Salón 4-2)	960	432	0,649	342,672	423913
PISO 4 - EQUIPO 11 (Salón 4-1)	960	504	0,636	290,016	358773

PISO 4 - EQUIPO 12 (Salón 4- 7,4-8)	960	480	0,86	412,8	510667
PISO 4 - EQUIPO 13 (Salón 4- 4,4-5)	960	588	1,471	547,212	676945
PISO 4 - EQUIPO 14 (Salón 4-6)	960	624	1,023	343,728	425219
PISO 5 - EQUIPO 2 (Salón 5-1)	960	312	1,465	949,32	1174385
PISO 5 - EQUIPO 4 (Salón 5-2)	960	540	0,682	286,44	354349
PISO 5 - EQUIPO 6 (Salón 5-3)	960	408	1,026	566,352	700623
PISO 5 - EQUIPO 8 (Salón 5-4)	960	468	0,636	312,912	387097
AUDITORIO S3-3 # 2	960	588	0,984	366,048	452831
AUDITORIO S3-3 # 1	960	588	0,676	251,472	311091
TOTAL AHORRO [\$]					6759460

Si el chiller trabajara con sensores de personas, habría un ahorro de \$6759460 lo cual equivale al 7.52% de lo pagado por estos tres meses.

5.6.5. CENTRALIZADO

El bloque 1 de medicina del campus el bosque, cuenta con 33 equipos independientes de los cuales se tuvo acceso para las mediciones y cálculos a 21 equipos, estos equipos ocupan bastante espacio y como se mencionó anteriormente no se tiene acceso fácilmente. Es por esto que se plantea implementar un equipo centralizado para el bloque 1. La capacidad aproximada de diseño para los 33 equipos es aproximadamente 100 TR, un sistema de acondicionamiento con estas características, según el catálogo de un chiller york modelo YLAA0101YE son: 101 TR, 13.3 EER luego:

$$COP = \frac{EER}{3.412142} \quad (15)$$

$$COP = \frac{13.3}{3.412142} = 3.90$$

$$Potencia = \frac{CargaTermica [kW]}{COP} \quad (16)$$

$$Potencia = \frac{229.5016}{3.90} = 58.85 [kW]$$

$$Potencia \text{ en 1 mes} = 58.85 [kW] * 16 \frac{horas}{dia} * 5 \frac{dia}{semana} * 4semanas$$

$$Potencia \text{ en 1 mes} = 18832 \left[\frac{kWh}{1mes} \right]$$

Energia centralizado en 3 meses

$$\begin{aligned} &= \left(Potencia \text{ en 1 mes} * \frac{403.96\$}{kWh} \right) \\ &+ \left(Potencia \text{ en 1 mes} * \frac{413.12\$}{kWh} \right) + (potencia \text{ en 1 mes} \\ &* \frac{420\$}{kWh}) \end{aligned} \quad (17)$$

$$Energia \text{ centralizado en 3 meses} = \$23296690$$

$$Potencia \text{ actual} = 84.618 [kW]$$

$$Potencia \text{ actual en 1 mes} = 84.618 [kW] * 16 \frac{horas}{dia} * 5 \frac{dia}{semana} * 4 \text{ semanas}$$

$$Potencia \text{ actual en 1 mes} = 27077.76 \left[\frac{kWh}{1mes} \right]$$

Energia en 3 meses

$$\begin{aligned} &= \left(\text{Potencia actual en 1 mes} * \frac{403.96\$}{kWh} \right) \\ &+ \left(\text{Potencia actual en 1 mes} * \frac{413.12\$}{kWh} \right) \\ &+ \left(\text{Potencia actual en 1 mes} * \frac{420\$}{kWh} \right) \end{aligned} \quad (18)$$

Energia actual por 3 meses = \$33497355

Ahorro energia

$$= (\text{Energia actual por 3 meses} - \text{Energia centralizado en 3 meses})$$

$$\text{Ahorro energia} = (\$33497355 - \$23296690) = \$10200665$$

Si se implementa un chiller con capacidad térmica de 100 TR para el bloque 1, habría un ahorro de \$10200665 lo cual equivale al 11.36% de lo pagado por estos tres meses.

5.7. SELECCIÓN DE PROPUESTAS

Para la selección adecuada de las propuestas de mejora en los sistemas de aire acondicionado del campus el bosque, se debe desarrollar una evaluación financiera, en la que se debe considerar la inversión, depreciación lineal, costos de operación y mantenimiento con el ahorro mostrado anteriormente de cada propuesta. Obteniendo así un flujo de caja diferencial a 5 años. Cabe resaltar que no se consideró para este estudio financiero el impuesto a la renta, ya que la UNAB es una entidad sin ánimo de lucro. Como la evaluación financiera se desarrolla en

periodos anuales y los ahorros calculados con anterioridad se establecen para un periodo de tres meses, entonces se consideró que un año equivale a dos periodos de tres meses.

Estas evaluaciones se muestran a continuación, donde se desarrollaron con una tasa del 12% efectivo anual según cifras de referencia de créditos de consumo y depreciación lineal a lo largo del tiempo.

5.7.1. EVALUACION FINANCIERA – VARIADORES DE FRECUENCIA

Tabla 10. Evaluación financiera para variadores de frecuencia.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Concepto	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Inversión	-\$ 100,000,0 00					
OYM	\$ -	-\$ 2,000,00 0	-\$ 2,000,00 0	-\$ 2,000,00 0	-\$ 2,000,00 0	-\$ 2,000,00 0
Depreciación	\$ -	\$ 10,000,0 00	\$ 10,000,0 00	\$ 10,000,0 00	\$ 10,000,0 00	\$ 10,000,0 00
Ahorro	\$ -	\$ 32,607,3 76	\$ 32,607,3 76	\$ 32,607,3 76	\$ 32,607,3 76	\$ 32,607,3 76
Flujo neto	-\$ 100,000,0 00	\$ 40,607,3 76	\$ 40,607,3 76	\$ 40,607,3 76	\$ 40,607,3 76	\$ 40,607,3 76

VPN	\$ 81,541,732
TIR	29%

De acuerdo a los resultados obtenidos de los estudios financieros para cada una de las propuestas de mejora, se sugiere implementar los variadores de frecuencia en el compresor en los sistemas de aire acondicionado tipo chiller y los equipos independientes que no tienen la tecnología inverter, puesto que, el ahorro en un periodo planteado sería de \$32607376. De igual manera, la evaluación financiera arroja que el valor presente neto con es de \$113659096 y una tasa interna de rentabilidad de 68%, corroborando la maximización de la inversión.

5.7.2. EVALUACION FINANCIERA – SENSOR DE PERSONAS

Tabla 11. Evaluación financiera para sensores de personas.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Concepto	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Inversión	-\$ 50,000,000					
OYM	\$ -	-\$ 1,000,000	-\$ 1,000,000	-\$ 1,000,000	-\$ 1,000,000	-\$ 1,000,000
Depreciación	\$ -	\$ 5,000,000	\$ 5,000,000	\$ 5,000,000	\$ 5,000,000	\$ 5,000,000
Ahorro	\$ -	\$ 13,518,920	\$ 13,518,920	\$ 13,518,920	\$ 13,518,920	\$ 13,518,920
Flujo neto	-\$ 50,000,000	\$ 17,518,920	\$ 17,518,920	\$ 17,518,920	\$ 17,518,920	\$ 17,518,920

VPN	\$ 28,321,118
TIR	22%

Para el sistema de aire acondicionado del bloque 2 que es el chiller, se sugiere la implementación de sensor de personas, dado que, el ahorro en un periodo planteado sería de \$13518920. De la misma manera, la evaluación financiera arroja que el valor presente neto con proyecto es de \$ 36615129 y una tasa interna de rentabilidad de 36%, constatando la maximización de la inversión.

Tabla 12. Evaluación financiera para centralización.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Concepto	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Inversión	-\$ 176,000,0 00					
OYM	\$ -	-\$ 1,000,00 0	-\$ 1,000,00 0	-\$ 1,000,00 0	-\$ 1,000,00 0	-\$ 1,000,00 0
Depreciación	\$ -	\$ 17,600,0 00	\$ 17,600,0 00	\$ 17,600,0 00	\$ 17,600,0 00	\$ 17,600,0 00
Ahorro	\$ -	\$ 20,401,3 30	\$ 20,401,3 30	\$ 20,401,3 30	\$ 20,401,3 30	\$ 20,401,3 30
Flujo neto	-\$ 176,000,0 00	\$ 37,001,3 30	\$ 37,001,3 30	\$ 37,001,3 30	\$ 37,001,3 30	\$ 37,001,3 30

VPN	-\$ 10,579,670
TIR	2%

No se recomienda la implementación de un sistema centralizado para el bloque 1, ya que el valor presente neto y tasa interna de rentabilidad no es rentable, por el costo que este tiene y el ahorro que genera no es tan significativo.

Por otra parte, algunos salones del bloque 1 no se encuentra con el diseño adecuado en los sistemas de acondicionamiento que tienen dos equipos instalados, como se muestra en la caracterización energética, por esto se recomienda la

eliminación de algunos equipos, cabe resaltar que la mayoría de equipos están sobredimensionados por lo que de igual forma esto va a significar un derroche de energía considerable.

CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

El campus el bosque de la UNAB actualmente esta conformado por 54 equipos entre los cuales hay de tipo cassette, paquete, ventana, Split, minisplit, chiller, manejadora, fancoil y piso techo. El bloque 1 (Bloque de medicina), cuenta con 33 equipos independientes mientras que el bloque 2 cuenta con un chiller le cual le suministra aire al edificio mediante 15 manejadoras y 2 Fancoil.

Un 76.47% de los equipos instalados en el campus el bosque de la UNAB, presentan un diseño sobredimensionado, lo que representa el alto consumo que estos equipos tienen.

Mediante la realización del diagrama de Pareto (Figura18), los equipos que mayor consumo tienen y que representan el 80% del consumo total, son el chiller que alimenta en bloque 2, y del bloque 1 el equipo del piso 5-Simulación, piso 5 salón SG-2-2, piso 4 Registro químico (Cuarto frio), laboratorio registro químico, cuarto freezer, piso 4 registros químicos 2, piso 6 laboratorio de microbiología, piso 4 salón SG-1-1, piso 6 oficina patología y piso 5 salón SP2, estos fueron los equipos que se adjuntaron.

El consumo total aproximado de energía en el campus el bosque es de 82.499 kWh/mes y la energía consumida por los sistemas estudiados es de 55.663 kWh/mes, lo que quiere decir que estos sistemas representa un 67.47% del consumo total de energía.

Para cumplir con los nuevos requisitos de eficiencia energética en edificaciones y las expectativas de ahorro de energía, la eliminación de infiltraciones en los salones, lograría un potencial de ahorro de hasta \$3066685 por tres meses, lo que representa para un periodo académico planteado un ahorro de \$6133369.

Operando a SEER de 13 como lo establece la norma americana, en todos los equipos de mayor consumo sacados mediante el diagrama de Pareto (Figura 18), se lograría un potencial de ahorro de hasta de \$8317409 por tres meses, los cuales representa un ahorro por periodo académico planteado de \$16634818.

Para el chiller del bloque 2 y para los equipos del bloque 1 que no tienen el sistema inverter, se sugiere la implementación de variadores de frecuencia en el compresor, pues esta es una opción rentable de inversión y genera un ahorro de \$ 16303688 por tres meses, lo que representa para un periodo académico planteado de \$32607396.

La implementación de sensor de personas para las manejadoras del sistema chiller ubicado en el bloque 2, resulta apropiada ya que es una buena opción de inversión según la evaluación financiera, ya que este genera un ahorro de \$6759460 por tres meses, los cuales representa un ahorro por periodo académico planteado de \$13518920.

Se recomienda la eliminación de algunos equipos del bloque 1 de medicina, ya que hay salones que tienen de a dos equipos instalados, los cuales generan un gran sobredimensionamiento y esto representa un derroche de energía considerable.

REFERENCIAS

- [1] G. PITA EDWARD. AIR CONDITIONING PRINCIPLES AND SYSTEMS AN ENERGY APPROACH 4TH ED. 2002.
- [2] ASHRAE. FUNDAMENTALS HANDBOOK HVAC. 2001.
- [3] HVACR, R. CARGA TERMICA – MUNDO HVACR. 2012. Tomado de la URL: <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2012/06/carga-termica/>.
- [4] Universidad DR. Jose matias delgado, Seminario de Investigación, Manual Básico de Sistemas de Aire Acondicionado y Extracción Mecánica de Uso Común en Arquitectura, 8 de Agosto de 2011. Tomado de la URL: <http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/06/ARQ/ADTESCM0001340.pdf>
- [5] GARCIA, M. CALCULO DE CARGAS DE ENFRIAMIENTO. 2012. In ASHRAE FUNDAMENTALS HANDBOOK, 1985, 1ST ED. MARIO GARCÍA, CAPITULO 6.
- [6] HERNÁNDEZ BOLÍVAR, L. P. Y GÓMEZ MARTÍNEZ, M. A. ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EQUIPOS Y SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO EN LA EDIFICACIÓN DEL BLOQUE G DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE. 2014. Tomado de la URL: <http://repositorio.uac.edu.co/jspui/bitstream/123456789/803/1/TMEC%201136.pdf>
- [7] HVACR, R. USO RACIONAL DEL AIRE ACONDICIONADO – MUNDO HVACR. 2017. Tomado de la URL: <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2014/04/uso-racional-del-aire-acondicionado/>.
- [8] Yang L, Yan H, Lam JC. Thermal comfort and building energy consumption implications – a review. Appl Energy 2014;115:164–73. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.10.062>.

[9] TRAXCO VARIADORES DE VELOCIDAD, EFICIENCIA Y AHORRO. 2014. Tomado de la URL: <http://www.traxco.es/blog/productos-nuevos/variadores-de-velocidad-eficiencia-y-ahorro>.

[10] RIVAS, P. VARIADOR DE FRECUENCIA. 2017. Tomado de la URL: <http://instalacionesyeficienciaenergetica.com/variador-de-frecuencia-ahorro-energia/>.

[11] FOXYHOUSE. SISTEMAS DE CONTROL DE AIRE ACONDICIONADO. 2014. Tomado de la URL: <http://www.foxyhouse.com.uy/wp-content/uploads/2014>.

[12] YORK BY JOHNSON CONTROLS. MODEL YLAA AIR-COOLED SCROLL COMPRESSOR LIQUID CHILLERS STYLE B. Tomado de la URL: <https://www.dces.com/pdfs/150.62-EG5.pdf>

[13] W. HAINES ROGER, C. HITTLE DOUGLAS. CONTROL SYSTEMS FOR HEATING, VENTILATING, AND AIR CONDITIONING. SIXTH EDITION. 2006. Tomado de la URL: <http://www2.kelm.ftn.uns.ac.rs/literatura/mrv/ControlSystemsForHeatingVentilatingAndAirConditioning.pdf>

[14] Ortiz A, Pineda J. DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA EN EL DESEMPEÑO ENERGÉTICO DE LOS SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN EL CAMPUS CENTRAL EL JARDÍN DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA. Mayo, 2017.

ANEXOS

ANEXO A. TABLAS NECESARIAS PARA EL CALCULO DE CARGA TERMICA.

Tabla A1. Diferencia de temperatura para cargas de enfriamiento (DTCE) para calcular cargas debidas a techos planos.

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	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

Tabla A2. Diferencia de temperatura para cargas de enfriamiento (DTCE) para cálculo de cargas de paredes

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	11	11	12	12	13	13	14	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	24	24	25	25	25	25	25	22	18	25	7
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	22	18	24	6	
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	23	14	20	6	
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	24	17	25	8	
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	1	18	27	9	
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	1	14	21	7	
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	24	8	15	7	
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	21	12	12	21	9
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	20	15	27	12
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	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	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	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	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	22	7	17	10	
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	23	23	23	22	21	20	20	10	23	13
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	30	29	28	27	26	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	29	28	27	26	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	25	24	22	20	9	26	17
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	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	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	8	10	12	13	15	17	18	19	19	18	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	19	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	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	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	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	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	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	5	6	8	10	13	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	26	24	22	19	16	13	11	11	1	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	1	39	38	
SW	15	11	9	6	5	3	2	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	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

Tabla A5. Descripción de grupos de construcción de paredes

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

Tabla A6. Corrección de la DTCE por latitud y mes. Para aplicar a paredes y techos. Latitudes norte, °F

Latitud	Mes	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HORA
0	Dic	-3	-5	-5	-5	-2	-0	3	6	9	-1
	Ene/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	-0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	-1
	Abr/Ago	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
	Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5
8	Dic	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Ene/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1
	Mar/Sept	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	Abr/Ago	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
	May/Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
	Jun	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7	-2
16	Dic	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13	-9
	Ene/Nov	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-3	-5	-5	-4	-2	0	2	5	7	-4
	Mar/Sept	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	-1
	Abr/Ago	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-5	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0
	Jun	6	4	4	1	-1	-4	-6	-8	-7	0
24	Dic	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	Ene/Nov	-4	-6	-8	-9	-6	-3	3	9	13	-11
	Feb/Oct	-4	-5	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
	Mar/Sept	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
	Abr/Ago	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2	-3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
	Jun	3	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1
32	Dic	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17
	Ene/Nov	-5	-7	-9	-11	-8	-4	2	9	12	-15
	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	Mar/Sept	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	Abr/Ago	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	May/Jul	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	Jun	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	-4	2
40	Dic	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10	-21
	Ene/Nov	-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	-19
	Feb/Oct	-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	12	-14
	Mar/Sept	-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	-8
	Abr/Ago	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-3
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Jun	1	1	1	0	1	0	0	-1	-1	2
48	Dic	-6	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6	-25
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-13	-11	-8	-1	5	8	-24
	Feb/Oct	-5	-7	-10	-11	-8	-5	1	8	11	-18
	Mar/Sept	-4	-6	-6	-7	-4	-1	4	8	11	-11
	Abr/Ago	-3	-3	-3	-3	-1	0	4	6	7	-5
	May/Jul	0	-1	0	0	1	1	3	3	4	0
	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2
56	Dic	-7	-9	-12	-16	-16	-14	-9	-5	-3	-28
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-15	-14	-12	-6	-1	2	-27
	Feb/Oct	-6	-8	-10	-12	-10	-7	0	6	9	-22
	Mar/Sept	-5	-6	-7	-8	-5	-2	4	8	12	-15
	Abr/Ago	-3	-4	-4	-4	-1	1	5	7	9	-8
	May/Jul	0	0	0	0	2	2	5	6	7	-2
	Jun	2	1	2	1	3	3	4	5	6	1

Tabla A7. Radiación solar a través de vidrio factores de ganancia máxima de calor solar para vidrio. BTU/h - °F, latitudes norte.

0 Grados										
	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
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303
Abr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265
Jun.	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255
Jul.	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260
Agos.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276
Sept.	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293
Dic.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288

8 Grados										
	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
Feb.	34	34	114	193	239	248	219	165	110	294
Mar.	37	67	156	215	241	230	184	110	55	300
Abr.	44	117	184	221	225	195	134	53	39	289
May	74	146	198	220	209	167	97	39	38	277
Jun.	90	155	200	217	200	141	82	39	39	269
Jul.	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272
Agos.	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282
Sept.	38	66	149	205	230	219	176	107	56	290
Oct.	35	35	112	187	231	239	211	160	108	288
Nov.	33	33	71	161	220	245	233	200	160	273
Dic.	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265

16 Grados										
	N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SEE/SSW	S	HOR
En.	30	30	55	147	21	244	251	223	199	248
Feb.	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275
Mar.	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291
Abr.	39	99	172	216	227	204	150	77	45	289
May	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282
Jun.	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277
Jul.	55	132	187	214	210	174	111	44	42	272
Agos.	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282
Sept.	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282
Oct.	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270
Nov.	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246
Dic.	29	29	41	132	198	241	254	233.	212	234

24 Grados										
	N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SEE/SSW	S	HOR
En.	27	27	41	128	190	240	253	241	227	214
Feb.	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249
Mar.	34	45	124	195	234	237	214	168	137	275
Abr.	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283
May	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282
Jun.	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279
Jul.	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278
Agos.	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277
Sept.	35	42	119	185	222	225	206	163	134	266
Oct.	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244
Nov.	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213
Dic.	26	26	29	1112	180	234	247	247	257	199

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	199	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	20-4	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 A8. 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		
				$h_o = 4.0$		Medio	Claro	Opacas	Claro	Translúcidas
VIDRIO SENCILLO	Sencillo									
	Claro	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	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36	
	Absorbente de calor, con figuras	3/16 a 1/4		0.69						
	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	
	Absorbente de calor ^e	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				
VIDRIO AISLANTE	Doble ^d									
	Claro afuera	3/32, 1/8	0.71*	0.88	0.57	0.51	0.60	0.25	0.37	
	Claro adentro									
	Claro afuera	1/4	0.61*	0.81						
	Claro adentro									
	Absorbente de calor afuera	1/4	0.36*	0.55						
	Claro adentro				0.39	0.36	0.40	0.22	0.30	
Vidrio recubierto reflector				0.20	0.19					
				0.30	0.18					
				0.40	0.27					
					0.34	0.33				
Triple	Claro	1/4		0.71						
	Claro	1/8		0.80						

Tabla A9. Factores de carga de enfriamiento para vidrio sin sombreado interior
(incluye vidrio reflector y absorbente de calor)

Latitud norte. Ventana viendo hacia él	Construc- ción 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	0.17	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	0.53	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
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

Latitud norte. Ventana viendo hacia él	Construc- ción 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	0.03	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																

Tabla A10. Tasas de ganancia de calor debida a los ocupantes del recinto acondicionado

Actividad	Aplicaciones típicas	Calor total por adulto masculino			calor total ajustado ^b			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 ^c	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		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

ANEXO B. SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN ACTUAL.

Tabla B1. Levantamiento de los sistemas de climatización actual en el campus el bosque.

CAMPUS	EDIFICIO	UBICACIÓN	TIPO	MARCA	CANTIDAD
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	PISO 6 - HISTOLOGIA 1	CASETTE	LG	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	PISO 6 - HISTOLOGIA 2	CASETTE	LG	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	PISO 6 - LAB.PATOLOGIA 1	CASETTE	LG	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	PISO 6 - LAB.PATOLOGIA 2	CASETTE	LG	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	PISO 6 - LAB.MICROBIOLOGIA	PAQUETE	TRANE	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	PISO 6 - OFICINA PATOLOGIA	VENTANA	LG	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	PISO 5 - SEÑALES BIOLOGICAS	CASETTE	LG	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	PISO 5 - SIMULACION	SPLIT	UL	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	LAB. REGISTRO QUIMICO	MINISPLIT	YORK	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	PISO 4 - REGISTRO QUIMICOS 1	CASETTE	LG	1

UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	PISO 4 - REGISTRO QUIMICOS 2	CASSETTE	LG	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	PISO 4 SALON SG-1- 1	CASSETTE	LG	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	PISO 4 SALON SG-1- 2	CASSETTE	LG	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	PISO 4 REGISTRO QUIMICO	CUARTO FRIO	MANEUROP	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	PISO 4 SALON SP1	CASSETTE	LG	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	SALA DE JUNTAS	MINISPLIT	TEMPSTAR	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	PISO 3 - DECANATURA	MINISPLIT	ECOX	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	CUARTO FREZZER	SPLIT	SAMSUNG	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	SALON SG3/ RACK - PISO 1	SPLIT	YORK	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	SALON SP3 / INFORMATICA - PISO 1	SPLIT	UL	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	SALON SP3 / INFORMATICA - PISO 1	VENTANA	LG	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	BIBLIOTECA No.1 TERRAZA	SPLIT	YORK	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	BIBLIOTECA No.2 TERRAZA	SPLIT	TRANE	1

UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	ENFERMERIA No.1 TERRAZA	SPLIT	CARRIER	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	ENFERMERIA No.2 TERRAZA	SPLIT	YORK	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	LABORATORIO BIOLOGIA No.1	SPLIT	YORK	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	LABORATORIO BIOLOGIA No.2	SPLIT	YORK	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	LABORATORIO BIOLOGIA No.3	SPLIT	RHHEM	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	SALA CHICAMOCHA	SPLIT	YORK	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	PISO 5 SALON SG-2- 1	CASETTE	LG	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	PISO 5 SALON SG-2- 2	CASETTE	LG	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	PISO 5 SALON SP2	CASETTE	LG	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	MULTIMEDIOS MEDUNAB	MINISPLIT	TEMPSTAR	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	PISO 3 TERRAZA BLOQUE PSICOLOGIA	CHILLER	YORK	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	PISO 3 TERRAZA AUDITORIO	MANEJADORA	TECAM	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	PISO 4 - EQUIPO 9	MANEJADORA	TECAM	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	PISO 4 - EQUIPO 10	MANEJADORA	TECAM	1

UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	PISO 4 - EQUIPO 11	MANEJADORA	TECAM	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	PISO 4 - EQUIPO 12	MANEJADORA	TECAM	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	PISO 4 - EQUIPO 13	MANEJADORA	TECAM	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	PISO 4 - EQUIPO 14	MANEJADORA	TECAM	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	PISO 5 - EQUIPO 1	MANEJADORA	TECAM	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	PISO 5 - EQUIPO 2	MANEJADORA	TECAM	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	PISO 5 - EQUIPO 3	MANEJADORA	TECAM	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	PISO 5 - EQUIPO 4	MANEJADORA	TECAM	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	PISO 5 - EQUIPO 5	MANEJADORA	TECAM	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	PISO 5 - EQUIPO 6	MANEJADORA	TECAM	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	PISO 5 - EQUIPO 7	MANEJADORA	TECAM	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	PISO 5 - EQUIPO 8	MANEJADORA	TECAM	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	AUDITORIO S3-3 # 2	FANCOIL	CONFORTFRESH	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 2	AUDITORIO S3-3 # 1	FANCOIL	CONFORTFRESH	1

UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	SOTANO CUARTO UPS	PISO TECHO	LG	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	SOTANO CUARTO UPS	PISO TECHO	LG	1
UNAB BOSQUE	BLOQUE 1	PISO 1 -PROGRAMA PSICOLOGIA	PAQUETE	LENNOX	1

ANEXO C. HOJA DE CALCULO PARA CARGA TERMICA MAXIMA.

El cálculo de carga térmica o ganancia de calor es la base para la buena selección del equipo de aire acondicionado, por ello se desarrolló una interfaz en Excel, la cual permite calcular la carga térmica en condiciones de diseño de los diferentes recintos.

Como primero se muestra la nomenclatura para tener claras las variables que se utilizarán.

Tabla 13. Nomenclatura utilizada en la hoja de cálculo.

NOMENCLATURA	
<i>b_s</i>	<i>Profundidad del salón</i>
<i>h_s</i>	<i>Altura del Salón</i>
<i>an_s</i>	<i>Ancho del salón</i>
<i>b_v</i>	<i>Profundidad de la ventana</i>
<i>h_v</i>	<i>Altura de la ventana</i>
<i>Q_e</i>	<i>Carga a través de la estructura exterior</i>
<i>U_e</i>	<i>Coeficiente general de transferencia de calor</i>
<i>A_e</i>	<i>Área al exterior del techo, pared o vidrios</i>
<i>DTCE</i>	<i>Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento</i>
<i>DTCE_c</i>	<i>Valor corregido de DTCE</i>
<i>LM</i>	<i>Corrección para latitud al color y mes</i>
<i>K</i>	<i>Corrección debido al color de la superficie</i>
<i>t_R</i>	<i>Temperatura del recinto</i>
<i>t_0</i>	<i>Temperatura de diseño exterior promedio</i>
<i>f</i>	<i>factor de corrección para ventilación</i>
<i>Q_i</i>	<i>Carga a través de la estructura interior</i>
<i>U_i</i>	<i>Coeficiente global de transferencia de calor</i>

A_i	<i>Área interior</i>
DT	<i>Diferencia de temperatura entre los espacios sin acondicionar y los acondicionados</i>
Q_{rv}	<i>Carga radiación solar a través de vidrios</i>
$FGCS$	<i>Factor de ganancia máxima de calor solar</i>
A_v	<i>Área del vidrio</i>
CS	<i>Coeficiente de sombreado</i>
FCE_v	<i>Factor de carga de enfriamiento para el vidrio</i>
Q_a	<i>Carga debida al alumbrado</i>
W	<i>Capacidad del alumbrado</i>
FB	<i>Factor de balastra</i>
FCE_a	<i>Factor de carga de enfriamiento para el alumbrado</i>
n_a	<i>numero de alumbrado</i>
Q_p	<i>Carga debida a las personas</i>
Q_{sp}	<i>Carga sensible personas</i>
q_s	<i>Calor sensible debida a las personas</i>
Q_{lp}	<i>Carga latente personas</i>
q_l	<i>Calor latente debida a las personas</i>
n_p	<i>número de personas</i>
FCE_p	<i>Factor de carga de enfriamiento para las personas</i>
Q_{eq}	<i>Carga debida a los equipos</i>
q_{eq}	<i>Carga de los equipos</i>
n_{eq}	<i>número de equipos</i>
$Q_{infiltracio}$	
n	<i>Carga debida a infiltraciones</i>

Luego está la interfaz de la ubicación en donde están los sistemas de acondicionamiento.

CARGAS DE ENFRIAMIENTO EN EL CAMPUS BOSQUE DE LA UNAB			
PISO 6 - HISTOLOGIA 1	PISO 6 - HISTOLOGIA 2	PISO 6 - LAB.PATOLOGIA 1	PISO 6 - LAB.PATOLOGIA 2
PISO 6 - LAB.MICROBIOLOGIA	PISO 6 - OFICINA PATOLOGIA	PISO 5 - SEÑALES BIOLÓGICAS	PISO 5 - SIMULACION
LAB. REGISTRO QUIMICO	PISO 4 - REGISTRO QUIMICOS 1	PISO 4 - REGISTRO QUIMICOS 2	PISO 4 SALON SG-1-1
PISO 4 SALON SG-1-2	PISO 4 REGISTRO QUIMICO	PISO 4 SALON SP1	SALA DE JUNTAS
PISO 3 - DECANATURA	CUARTO FREEZER	PISO 5 SALON SG-2-1	PISO 5 SALON SG-2-2
PISO 5 SALON SP2	PISO 3 TERRAZA BLOQUE PSICOLOGIA	SOTANO CUARTO UPS	SOTANO CUARTO UPS

Figura 19. Interfaz para la selección de los sistemas de acondicionamiento del bosque.

Dentro del piso 3 terraza bloque psicología, que hace referencia al chiller se encuentra la interfaz donde están todas las manejadoras.

CARGAS DE ENFRIAMIENTO EN EL CAMPUS BOSQUE DE LA UNAB			
PISO 3 TERRAZA BLOQUE PSICOLOGIA (CHILLER)			
CARGA TOTAL		742502,2946	[BTU/h]
CARGA SENSIBLE		491534,0674	[BTU/h]
CARGA LATENTE		250968,2272	[BTU/h]
PISO 4 - EQUIPO 9	PISO 4 - EQUIPO 10	PISO 4 - EQUIPO 11	PISO 4 - EQUIPO 12
PISO 4 - EQUIPO 13	PISO 4 - EQUIPO 14	PISO 5 - EQUIPO 1	PISO 5 - EQUIPO 2
PISO 5 - EQUIPO 3	PISO 5 - EQUIPO 4	PISO 5 - EQUIPO 5	PISO 5 - EQUIPO 6
PISO 5 - EQUIPO 7	PISO 5 - EQUIPO 8	AUDITORIO S3-3 # 2	AUDITORIO S3-3 # 1

Figura 20. Interfaz de las manejadoras del chiller.

Ya al darle clic en cualquier salón abre la hoja de cálculo respectiva del salón para llenar la información correspondiente y realizar el cálculo de carga térmica máxima.

PISO 3 - DECANATUR A									0,5
CUARTO FREZZER									1
PISO 5 SALON SG-2- 1	11	12	10	14	8	55	1100	1600	0,6 875
PISO 5 SALON SG-2- 2									
PISO 5 SALON SP2	5	11	12	10	8	46	920	1600	0,5 75
PISO 3 TERRAZA AUDITORIO	12	8	8	10	7	45	900	1600	0,5 625
PISO 4 - EQUIPO 9 (Salón 4-3)	7	9	10	7	8	41	820	1600	0,5 125
PISO 4 - EQUIPO 10 (Salón 4-2)	6	6	8	8	8	36	720	1600	0,4 5
PISO 4 - EQUIPO 11 (Salón 4-1)	11	9	9	6	7	42	840	1600	0,5 25
PISO 4 - EQUIPO 12 (Salón 4-7)	6	7	7	6	5	31	620	1600	0,3 875

PISO 4 - EQUIPO 12 (Salón 4-8)	7	9	10	9	5	40	800	1600	0,5
PISO 4 - EQUIPO 13 (Salón 4-4)	8	11	8	8	14	49	980	1600	0,6 125
PISO 4 - EQUIPO 13 (Salón 4-5)	10	10	9	4	9	42	840	1600	0,5 25
PISO 4 - EQUIPO 14 (Salón 4-6)	10	10	12	10	10	52	1040	1600	0,6 5
PISO 5 - EQUIPO 1 (psicología)						0	0	1600	0
PISO 5 - EQUIPO 2 (Salón 5-1)	7	5	5	7	2	26	520	1600	0,3 25
PISO 5 - EQUIPO 3 (Aulas inf)						0	0	1600	0
PISO 5 - EQUIPO 4 (Salón 5-2)	11	12	10	12	0	45	900	1600	0,5 625
PISO 5 - EQUIPO 5 (Aulas inf)						0	0	1600	0

PISO 5 - EQUIPO 6 (Salón 5-3)	10	8	8	6	2	34	680	1600	0,4 25
PISO 5 - EQUIPO 7 (Aulas inf)						0	0	1600	0
PISO 5 - EQUIPO 8 (Salón 5-4)	6	8	8	9	8	39	780	1600	0,4 875
AUDITORIO S3-3 # 2	8	10	11	10	10	49	980	1600	0,6 125
AUDITORIO S3-3 # 1									

Tabla D2. Información de personas que estas en esas horas por día de cada salón y el valor del factor.

UBICACIÓN	LU NE S	MAR TES	MIERC OLES	JUE VES	VIER NES	TOT AL SEM ANA	TOTA L SEME STRE	Máxi mas	FP
PISO 6 - HISTOLOGÍ A 1							15000	2400 0	0,625
PISO 6 - HISTOLOGÍ A 2									

PISO 3 TERRAZA AUDITORIO	777	624	710	704	527	3342	66840	1260 00	0,5305
PISO 4 - EQUIPO 9 (Salón 4-3)	192	261	278	161	182	1074	21480	4100 0	0,5239
PISO 4 - EQUIPO 10 (Salón 4-2)	132	210	256	206	176	980	19600	3600 0	0,5444
PISO 4 - EQUIPO 11 (Salón 4-1)	342	236	248	256	161	1243	24860	4200 0	0,5919
PISO 4 - EQUIPO 12 (Salón 4-7)	132	211	214	112	90	759	15180	2790 0	0,5441
PISO 4 - EQUIPO 12 (Salón 4-8)	145	244	281	173	100	943	18860	3600 0	0,5239
PISO 4 - EQUIPO 13 (Salón 4-4)	241	288	284	264	352	1429	28580	6370 0	0,4487
PISO 4 - EQUIPO 13 (Salón 4-5)	244	250	328	176	254	1252	25040	5880 0	0,4259
PISO 4 - EQUIPO 14 (Salón 4-6)	618	256	637	334	292	2137	42740	1040 00	0,4110

PISO 5 - EQUIPO 2 (Salón 5-1)	224	150	180	103	56	713	14260	2600 0	0,5485
PISO 5 - EQUIPO 4 (Salón 5-2)	132	52	146	54	0	384	7680	4050 0	0,1896
PISO 5 - EQUIPO 6 (Salón 5-3)	226	166	194	180	24	790	15800	3400 0	0,4647
PISO 5 - EQUIPO 8 (Salón 5-4)	170	210	148	398	145	1071	21420	3510 0	0,6103
AUDITORIO S3-3 # 2	540	260	443	448	430	2121	42420	1048 60	0,4045
AUDITORIO S3-3 # 1									

ANEXO E. CUENTAS DE COBRO DE ENERGIA MESES JUNIO – JULIO – AGOSTO.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCA RAMANGA - UNAB		Carrera 25 No. 29-57 Local 2 La Cava C. C. Cañaveral		Factura de Venta:			
FECHA: 07-JUL-17		HORA: 11:48:29		RUILOQUE S.A. ESP			
TELÉFONO: 45732		RUILOQUE S.A. ESP		1183600			
NÚMERO DE CREDITO: 00000000000000000000		RUILOQUE S.A. ESP		Fecha de Expedición:			
CORREO ELECTRONICO: rui@unab.edu.co		RUILOQUE S.A. ESP		07-JUL-17			
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS		www.ruiquoessp.com					
DATOS DEL CLIENTE							
CODIGO:	5604	NOMBRE DEL USUARIO:	FACULTAD DE MEDICINA UNAB	NIT:	8902004999		
DIRECCIÓN DEL SERVICIO:	FACULTAD DE MEDICINA UNAB	MUNICIPIO:	FLORIDABLANCA	DEPARTAMENTO:	SANTANDER		
DIRECCIÓN POSTAL:	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCA RAMANGA	MUNICIPIO:	FLORIDABLANCA	DEPARTAMENTO:	SANTANDER		
TELÉFONO:	NA	CODIGO SIC:	Fl07107	TASA MORA EN:	33.5%		
INFORMACIÓN DEL SERVICIO							
CLASE DE SERVICIO:	ESPECIAL	% CONTRIBUCIÓN:	0%	MES DE CONSUMO:	JUN 2017		
SERIE MEDIDOR:	6830205	MARCA:	ISKRA	PERIODO DE CONSUMO:	01-JUN-17 a 30-JUN-17		
NIVEL DE TENSIÓN:	2	FACTOR:	1	FACTURAS VENCIDAS:	0		
CIRCUITO:	-99	TIPO RED:	NA	FECHA SUSPENSIÓN:			
MERCADO:	NO REGULADO	NIVEL CONEXIÓN:		VENCIMIENTO FACTURA:	21-JUL-2017		
OPERADOR DE RED:	ESSA	JPP:	111.24	REFERENCIA DE PAGO:	5604		
PROPIEDAD ACTIVOS:		Ultimo pago realizado por \$ 34,036,220 el día 16 Jun 2017 en Banco Bog					
FACTURACIÓN DEL SERVICIO DE ENERGÍA							
INFORMACIÓN DE TARIFAS \$Kwh			ACUM.	MAX.	CONCEPTO	Activa	Rea. Pena
Generación:	225.76	Transferencia:	31.26	0.00	LECTURA ACTUAL	0	0
Distribución:	108.99	Comercialización:	2.01	0.00	LECTURA ANTERIOR	0	0
Pérdidas:	18.09	Recargo:	31.41	6.00	FACTOR		
TARIFA = 483.96					CONSUMO MES (Kwh)	55.702	711
CONSUMO HISTORICO							
MES	26.017	NO. DÍAS	30	2017	NO. DÍAS	30	2017
Activa	95.777	90.777	17.062	51.102	40.230	10.240	
Reactiva	96.824					10.614	
CONSUMO MES MWh Y COSTO UNITARIO DE ENERGÍA (Cu)						CONCEPTOS FACTURADOS ENERGÍA	
hora	Activa	Reactiva	Co. Act	Co. Rea	Valor Act \$	Valor Rea \$	VALOR
1	1.001	0	483.96	0.00	483.96		Valor Activa
2	1.001	0	483.96	0.00	483.96		Valor Reactiva Penalizada
3	0.98	0	483.96	0.00	483.96		Subtotal Consumo:
4	0.98	0	483.96	0.00	483.96		Contribución
5	1.04	0	483.96	0.00	483.96		TOTAL ENERGÍA FACTURADA
6	1.23	0	483.96	0.00	483.96		\$24,027,415
7	2.21	0	483.96	0.00	967.92		
8	3.68	0	483.96	0.00	1,451.84		
9	5.27	0	483.96	0.00	2,059.80		
10	6.98	0	483.96	0.00	2,693.76		
11	8.79	0	483.96	0.00	3,352.72		
12	10.69	0	483.96	0.00	4,036.68		
13	12.68	0	483.96	0.00	4,745.64		
14	14.75	0	483.96	0.00	5,479.60		
15	16.89	0	483.96	0.00	6,238.56		
16	19.10	0	483.96	0.00	7,022.52		
17	21.38	0	483.96	0.00	7,831.48		
18	23.72	0	483.96	0.00	8,665.44		
19	26.12	0	483.96	0.00	9,524.40		
20	28.57	0	483.96	0.00	10,408.36		
21	31.07	0	483.96	0.00	11,317.32		
22	33.61	0	483.96	0.00	12,251.28		
23	36.19	0	483.96	0.00	13,210.24		
24	38.81	0	483.96	0.00	14,194.20		
25	41.47	0	483.96	0.00	15,203.16		
26	44.17	0	483.96	0.00	16,237.12		
27	46.90	0	483.96	0.00	17,296.08		
28	49.66	0	483.96	0.00	18,379.04		
29	52.45	0	483.96	0.00	19,485.99		
30	55.27	0	483.96	0.00	20,616.95		
31	58.11	0	483.96	0.00	21,771.91		
32	60.97	0	483.96	0.00	22,950.87		
33	63.85	0	483.96	0.00	24,153.83		
34	66.74	0	483.96	0.00	25,380.79		
35	69.64	0	483.96	0.00	26,631.75		
36	72.55	0	483.96	0.00	27,906.71		
37	75.47	0	483.96	0.00	29,205.67		
38	78.40	0	483.96	0.00	30,528.63		
39	81.34	0	483.96	0.00	31,875.59		
40	84.29	0	483.96	0.00	33,246.55		
41	87.25	0	483.96	0.00	34,641.51		
42	90.22	0	483.96	0.00	36,060.47		
43	93.20	0	483.96	0.00	37,503.43		
44	96.19	0	483.96	0.00	38,970.39		
45	99.19	0	483.96	0.00	40,461.35		
46	102.20	0	483.96	0.00	41,976.31		
47	105.22	0	483.96	0.00	43,515.27		
48	108.25	0	483.96	0.00	45,078.23		
49	111.29	0	483.96	0.00	46,665.19		
50	114.34	0	483.96	0.00	48,276.15		
51	117.39	0	483.96	0.00	49,911.11		
52	120.45	0	483.96	0.00	51,570.07		
53	123.52	0	483.96	0.00	53,253.03		
54	126.60	0	483.96	0.00	54,960.99		
55	129.68	0	483.96	0.00	56,693.95		
56	132.77	0	483.96	0.00	58,451.91		
57	135.87	0	483.96	0.00	60,234.87		
58	138.97	0	483.96	0.00	62,042.83		
59	142.08	0	483.96	0.00	63,875.79		
60	145.19	0	483.96	0.00	65,733.75		
61	148.31	0	483.96	0.00	67,616.71		
62	151.43	0	483.96	0.00	69,524.67		
63	154.56	0	483.96	0.00	71,457.63		
64	157.69	0	483.96	0.00	73,425.59		
65	160.83	0	483.96	0.00	75,428.55		
66	163.97	0	483.96	0.00	77,466.51		
67	167.12	0	483.96	0.00	79,529.47		
68	170.27	0	483.96	0.00	81,617.43		
69	173.43	0	483.96	0.00	83,730.39		
70	176.59	0	483.96	0.00	85,868.35		
71	179.76	0	483.96	0.00	88,031.31		
72	182.93	0	483.96	0.00	90,219.27		
73	186.11	0	483.96	0.00	92,432.23		
74	189.29	0	483.96	0.00	94,670.19		
75	192.48	0	483.96	0.00	96,933.15		
76	195.67	0	483.96	0.00	99,221.11		
77	198.87	0	483.96	0.00	101,534.07		
78	202.07	0	483.96	0.00	103,871.99		
79	205.28	0	483.96	0.00	106,234.95		
80	208.49	0	483.96	0.00	108,622.91		
81	211.70	0	483.96	0.00	111,035.87		
82	214.92	0	483.96	0.00	113,473.83		
83	218.14	0	483.96	0.00	115,936.79		
84	221.37	0	483.96	0.00	118,424.75		
85	224.60	0	483.96	0.00	120,937.71		
86	227.84	0	483.96	0.00	123,475.67		
87	231.08	0	483.96	0.00	126,038.63		
88	234.33	0	483.96	0.00	128,626.59		
89	237.58	0	483.96	0.00	131,239.55		
90	240.84	0	483.96	0.00	133,877.51		
91	244.10	0	483.96	0.00	136,540.47		
92	247.37	0	483.96	0.00	139,228.43		
93	250.64	0	483.96	0.00	141,941.39		
94	253.92	0	483.96	0.00	144,679.35		
95	257.20	0	483.96	0.00	147,442.31		
96	260.49	0	483.96	0.00	150,220.27		
97	263.78	0	483.96	0.00	153,023.23		
98	267.08	0	483.96	0.00	155,851.19		
99	270.38	0	483.96	0.00	158,704.15		
100	273.69	0	483.96	0.00	161,582.11		
101	276.99	0	483.96	0.00	164,485.07		
102	280.30	0	483.96	0.00	167,413.03		
103	283.61	0	483.96	0.00	170,365.99		
104	286.93	0	483.96	0.00	173,342.95		
105	290.25	0	483.96	0.00	176,344.91		
106	293.58	0	483.96	0.00	179,371.87		
107	296.91	0	483.96	0.00	182,423.83		
108	300.25	0	483.96	0.00	185,499.79		
109	303.59	0	483.96	0.00	188,599.75		
110	306.94	0	483.96	0.00	191,723.71		
111	310.29	0	483.96	0.00	194,871.67		
112	313.64	0	483.96	0.00	198,043.63		
113	316.99	0	483.96	0.00	201,239.59		
114	320.35	0	483.96	0.00	204,459.55		
115	323.71	0	483.96	0.00	207,693.51		
116	327.07	0	483.96	0.00	210,941.47		
117	330.44	0	483.96	0.00	214,203.43		
118	333.81	0	483.96	0.00	217,479.39		
119	337.19	0	483.96	0.00	220,769.35		
120	340.57	0	483.96	0.00	224,073.31		
121	343.96	0	483.96	0.00	227,391.27		
122	347.35	0	483.96	0.00	230,723.23		
123	350.74	0	483.96	0.00	234,069.19		
124	354.14	0	483.96	0.00	237,429.15		
125	357.54	0	483.96	0.00	240,793.11		
126	360.94	0	483.96	0.00	244,161.07		
127	364.35	0					

Factura de Venta:

1193594
 Fecha de Expedición:

08-AUG-17

DATOS DEL CLIENTE

CÓDIGO: 5604 NOMBRE DEL USUARIO: FACULTAD DE MEDICINA UNAB NIT: 8902004999
 DIRECCIÓN DEL SERVICIO: FACULTAD DE MEDICINA UNAB MUNICIPIO: FLORIDABLANCA DEPARTAMENTO: SANTANDER
 DIRECCIÓN POSTAL: UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCCARAMANGA MUNICIPIO: FLORIDABLANCA DEPARTAMENTO: SANTANDER
 TELÉFONO: NA CÓDIGO SIC: Fnt07107 TASA MORA EA: 32.97%

INFORMACIÓN DEL SERVICIO

CLASE DE SERVICIO: ESPECIAL % CONTRIBUCIÓN: 0% MES DE CONSUMO: JUL 2017
 SERIE MEDIDOR: 6830205 MARCA: ISKRA PERIODO DE CONSUMO: 01-JUL-17 a 31-JUL-17
 NIVEL DE TENSIÓN: 2 FACTOR: 1 FACTURAS VENCIDAS: 0
 CIRCUITO: -99 TIPO RED: NA FECHA SUSPENSIÓN:
 MERCADO: NO REGULADO NIVEL CONEXIÓN: VENCIMIENTO FACTURA: 23-AUG-2017
 OPERADOR DE RED: ESSA IPP: 111.81 REFERENCIA DE PAGO: 5604
 PROPIEDAD ACTIVOS: Último pago realizado por \$ 24,764,930 el día 19 Jul 2017 en Banco Bogo

FACTURACIÓN DEL SERVICIO DE ENERGÍA

INFORMACIÓN DE TARIFAS \$/kWh		ACUM.	MAX.	CONCEPTO	Activa	Res. Pena
Generación	226.93	Transmisión	29.11	FES:	0.00	0
Distribución	108.09	Comercialización:	3.02	DES:	0.00	0
Pérdidas:	19.16	Rotaciones:	31.11	LECTURA ANTERIOR	0	0
TARIFA = 413.12				FACTUR		
				CONSUMO MES(kWh)	59,501	985

CONSUMO HISTORICO						
MES	31.07	30.06	29.05	28.04	27.03	26.02
Activa	56,938	55,282	52,777	37,042	51,452	36,629
Reactiva		37,662	35,624			16,000

CONSUMO MES kWh y COSTO UNITARIO DE ENERGÍA (Cu)						
Hora	Activa	Reactiva	Cu Act	Cu Rea	Valor Act \$	Valor Rea \$
1	1,084	0	413.12	0.00	450,343	0
2	895	0	413.12	0.00	371,109	0
3	1,058	0	413.12	0.00	440,360	0
4	438	0	413.12	0.00	182,347	0
5	1,135	0	413.12	0.00	470,154	0
6	1,203	0	413.12	0.00	500,100	0
7	2,358	0	413.12	0.00	975,232	0
8	4,442	165	413.12	108.09	1,855,008	17,938
9	5,265	40	413.12	108.09	2,183,089	6,760
10	5,205	13	413.12	108.09	2,161,189	5,275
11	5,265	19	413.12	108.09	2,194,029	4,105
12	5,205	11	413.12	108.09	2,161,128	3,977
13	4,729	225	413.12	108.09	1,955,585	24,532
14	4,613	74	413.12	108.09	1,926,044	7,809
15	4,547	26	413.12	108.09	1,906,597	4,228
16	4,357	6	413.12	108.09	1,807,400	2,215
17	5,174	59	413.12	108.09	2,152,360	10,803
18	5,338	127	413.12	108.09	2,205,268	13,228
19	5,200	10	413.12	108.09	2,159,412	5,848
20	1,795	2	413.12	0.00	741,044	0
21	1,388	0	413.12	0.00	573,214	0
22	1,118	0	413.12	0.00	465,951	0
23	1,095	0	413.12	0.00	454,420	0
24	1,094	0	413.12	0.00	454,320	0
Para Total	64,504	385	413.12	108.09	28,713,679	106,467

CONCEPTOS FACTURADOS ENERGÍA	
CONCEPTO	VALOR
Valor Activa	\$28,713,679
Valor Reactiva Penalizad	\$106,467
Subtotal Consumo	\$28,820,146
Contribución	90
TOTAL ENERGÍA FACTURADA	\$28,820,146

ALUMBRADO PÚBLICO	
Dece Gravado	\$28,820,146
Porcentaje	1 9MLV
TOTAL ALUMBRADO PÚBLICO	\$737,717

OTROS COBROS	
Concepto	Valor Facturado

SUBTOTAL	\$29,557,863
Ajuste Coome(CREG 108/02)	-53
VALOR TOTAL A PAGAR	\$29,557,860

OBSERVACIONES:

Figura 22. Cuenta de cobro de energía del mes de Julio.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA - UNAB Carrera 25 No. 29-57 Local 2 La Cava C.C. Cañaveral
 FECHA: 17/09/2017 HORA: 10:11:26 FOLIOS: Floridablanca, Santander - Colombia
 RAI: NO: 48932 PROVENIENCIA: RUIITOQUE S.A. ESP
RUIITOQUE S.A. ESP ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS
 EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS
 NIT. 804.001.062-8
 correo: scribanos@ruiitoqueesp.com
 web: www.ruiitoqueesp.com

Factura de Venta:
1218210
 Fecha de Expedición:
08-SEP-17

DATOS DEL CLIENTE

CÓDIGO: **5604** NOMBRE DEL USUARIO: **FACULTAD DE MEDICINA UNAB** NIT: **8902004999**
 DIRECCIÓN DEL SERVICIO: **FACULTAD DE MEDICINA UNAB** MUNICIPIO: **FLORIDABLANCA** DEPARTAMENTO: **SANTANDER**
 DIRECCIÓN POSTAL: **UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA** MUNICIPIO: **FLORIDABLANCA** DEPARTAMENTO: **SANTANDER**
 TELÉFONO: **NA** CÓDIGO SIC: **FRI07107** TASA MORA EA: **32.97%**

INFORMACIÓN DEL SERVICIO

CLASE DE SERVICIO: **ESPECIAL** % CONTRIBUCIÓN: **0%** MES DE CONSUMO: **AGO 2017**
 SERIE MEDIDOR: **6830205** MARCA: **ELSTER** PERIODO DE CONSUMO: **01-AUG-17** a **31-AUG-17**
 NIVEL DE TENSIÓN: **2** FACTOR: **1** FACTURAS VENCIDAS: **0**
 CÍRCULO: **-99** TIPO RED: **NA** FECHA SUSPENSIÓN:
 MERCADO: **NO REGULADO** NIVEL CONEXIÓN:
 OPERADOR DE RED: **ESSA** IPP: **112.00** VENCIMIENTO FACTURA: **21-SEP-2017**
 PROPIEDAD ACTIVOS: REFERENCIA DE PAGO: **5604**

Ultimo pago realizado por \$ 29,557,860 el día 17 Aug 2017 en Banco Bog

FACTURACIÓN DEL SERVICIO DE ENERGÍA

INFORMACIÓN DE TARIFAS \$/kWh:			
Generación:	227.31	Transmisión:	32.91
Distribución:	108.53	Comercialización:	2.02
Pérdidas:	19.40	Restricciones:	29.83
TARIFA = 420.00			

CONCEPTO	Activa	Rea. Pena
LECTURA ACTUAL	0	0
LECTURA ANTERIOR	0	0
FACTOR		
CONSUMO MES (kWh)	82,193	615

CONSUMO HISTORICO						
MES	JUN 2017	JUL 2017	AUG 2017	AGO 2017	SEPT 2017	OCT 2017
Activa	82,403	99,524	99,262	90,777	37,692	01,203
Reactiva	31,369	27,662	36,648			22,425

CONSUMO MES kWh y COSTO UNITARIO DE ENERGÍA (Cú)						
Hora	Activa	Reactiva	Cu Act	Cu Rea	Valor Act \$	Valor Rea \$
1	1,219	0	420.00	0.00	491,979	0
2	1,362	0	420.00	0.00	571,964	0
3	1,051	0	420.00	0.00	441,224	0
4	1,059	0	420.00	0.00	442,758	0
5	1,249	0	420.00	0.00	524,761	0
6	1,852	0	420.00	0.00	780,293	0
7	1,912	0	420.00	0.00	798,263	0
8	5,388	115	420.00	108.53	2,370,940	12,404
9	5,913	83	420.00	108.53	2,586,138	8,914
10	5,944	27	420.00	108.53	2,598,762	2,927
11	5,934	15	420.00	108.53	2,482,112	1,625
12	5,899	37	420.00	108.53	2,475,888	6,174
13	5,702	154	420.00	108.53	2,391,086	11,308
14	5,660	81	420.00	108.53	2,380,615	6,389
15	5,700	31	420.00	108.53	2,394,793	3,461
16	5,444	24	420.00	108.53	2,306,685	2,522
17	5,145	27	420.00	108.53	2,161,710	2,924
18	4,788	58	420.00	108.53	2,011,330	6,258
19	3,900	15	420.00	108.53	1,646,511	1,628
20	2,187	8	420.00	108.53	918,732	864
21	1,353	0	420.00	0.00	564,968	0
22	1,223	0	420.00	0.00	516,224	0
23	1,103	0	420.00	0.00	465,068	0
24	1,077	0	420.00	0.00	451,122	0
Prom/Tota	82,403	615	420.00	108.53	34,846,072	67,779

CONCEPTOS FACTURADOS ENERGÍA	
CONCEPTO	VALOR
Valor Activa	\$34,646,972
Valor Reactiva Penalizado	\$67,779
Subtotal Consumo	\$34,714,750
Contribución	80
TOTAL ENERGÍA FACTURADA	\$34,714,750

ALUMBRADO PÚBLICO	
Base Consumo	VALOR
Porcentaje	1.5812
TOTAL ALUMBRADO PÚBLICO	\$737,717

OTROS COBROS	
Concepto	Valor Facturado

SUBTOTAL	\$35,452,467
Ajusto Debito (CREG 108/97)	\$3
VALOR TOTAL A PAGAR	\$35,452,470

OBSERVACIONES:

Figura 23. Cuenta de cobro de energía del mes de Agosto.

