



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN AUTOMÁTICO EN EL LABORATORIO DE COMPUTACIÓN I DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”

**CARRIÓN ROMERO DUNIA ANABEL
ROMERO LOJÁN JOEL FRANCO**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

**Riobamba–Ecuador
2017**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-06-14

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

CARRIÓN ROMERO DUNIA ANABEL
ROMERO LOJÁN JOEL FRANCO

Titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN
AUTOMÁTICO EN EL LABORATORIO DE COMPUTACIÓN I DE LA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”**

Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Julio César Moyano Alulema
ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CARRIÓN ROMERO DUNIA ANABEL

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN AUTOMÁTICO EN EL LABORATORIO DE COMPUTACIÓN I DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2017-01-30

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Homero Almendariz Puente PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos DIRECTOR			
Ing. Julio César Moyano Alulema ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Homero Almendariz Puente
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ROMERO LOJÁN JOEL FRANCO

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN AUTOMÁTICO EN EL LABORATORIO DE COMPUTACIÓN I DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2017-01-30

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Homero Almendariz Puente PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos DIRECTOR			
Ing. Julio César Moyano Alulema ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Homero Almendariz Puente
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, DUNIA ANABEL CARRIÓN ROMERO y JOEL FRANCO ROMERO LOJÁN, egresados de la Carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, autores del proyecto de titulación denominado **“IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN AUTOMÁTICO EN EL LABORATORIO DE COMPUTACIÓN I DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”**, nos responsabilizamos en su totalidad del contenido en su parte intelectual y técnica, y me someto a cualquier disposición legal en caso de no cumplir con este precepto.

Carrión Romero Dunia Anabel
COD: 1498

Romero Loján Joel Franco
COD: 1332

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Dunia Anabel Carrión Romero y Joel Franco Romero Loján, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Carrión Romero Dunia Anabel
Cédula de Identidad: 070657601-4

Romero Loján Joel Franco
Cédula de Identidad: 172124497-6

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por haberme dado la fortaleza y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

Se lo dedico a mis padres Cervio Carrión y Rosalía Romero, ya que por su esfuerzo y apoyo incondicional, pude lograr una de mis metas.

A mis hermanos por brindarme su confianza y a la vez su apoyo.

Al amor de mi vida Joel Romero quien fue mi compañero y amigo en toda mi etapa de preparación y apoyo brindado ya que fueron incondicionales en los buenos y malos momentos en el transcurso de mi vida, para lograr superarme.

Carrión Romero Dunia Anabel

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la fortaleza para continuar cuando a punto de caer e estado y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

Se lo dedico a mis padres Franco Romero y Laura Loján, ya que por su esfuerzo y apoyo incondicional, pude lograr una de mis metas.

A mi hermana por brindarme su compañía y a la vez su apoyo.

Al amor de mi vida Dunia Carrión quien fue mi compañera y amiga en toda mi etapa de preparación y apoyo brindado ya que fue y es incondicional en los buenos y malos momentos en el transcurso de mi vida, para lograr superarme.

Romero Loján Joel Franco

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme fortaleza para lograr mis metas, a mi familia por brindarme todo el cariño y confianza para ver culminada una meta más de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por darme la oportunidad de ser profesional y ser una persona útil a la sociedad.

Agradezco al Ing. Jhonny Orozco e Ing. Julio Moyano, por brindarme su amistad y asesoramiento en el proyecto de titulación, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia aportaron en el presente documento.

Carrión Romero Dunia Anabel

Agradezco a Dios por darme fortaleza para lograr mis metas, a mi familia por brindarme todo el cariño y confianza para ver culminada una etapa más de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por brindarme la oportunidad de conseguir mi meta y ser un profesional.

Agradezco al Ing. Jhonny Orozco e Ing. Julio Moyano, por brindarme su amistad y asesoramiento en la tesis, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia aportaron en el presente documento.

Romero Loján Joel Franco

CONTENIDO

	Pág.
1. MARCO REFERENCIAL	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Justificación	2
1.3.1 <i>Justificación teórica</i>	2
1.3.2 <i>Justificación metodológica</i>	3
1.3.3 <i>Justificación práctica</i>	4
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	6
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	6
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Descripción general del sistema acondicionador de aire	7
2.1.1 <i>Proceso de selección</i>	7
2.1.2 <i>Componentes del sistema</i>	8
2.1.3 <i>Funcionamiento del sistema</i>	9
2.1.4 <i>Ciclo o proceso de refrigeración</i>	9
2.2 Carga térmica o carga de enfriamiento	10
2.2.1 <i>Ganancia de calor</i>	11
2.2.2 <i>Calor sensible y calor latente</i>	11
2.2.3 <i>Tasa metabólico</i>	11
2.2.4 <i>Confort térmico</i>	11
2.3 Criterios de selección.....	12
2.3.1 <i>Consideraciones iniciales de análisis</i>	12
2.3.2 <i>Condiciones exteriores de análisis</i>	13
2.3.3 <i>Consideraciones interiores de análisis</i>	14
2.3.4 <i>Consideraciones adicionales para el análisis</i>	16
2.4 Sensación térmica por efecto del calor y humedad (R.G. Stedman - USA) .	16
2.5 Asociación americana de aire acondicionado y refrigeración (ASHRAE)...	20
2.5.1 <i>Tasas de flujo de calor</i>	20
2.5.2 <i>Métodos de cálculo para la carga de enfriamiento</i>	21
2.6 Medición de temperatura	23
2.6.1 <i>Escalas de temperatura</i>	23
2.6.2 <i>Termómetros</i>	23
2.6.3 <i>Termómetro infrarrojo con laser</i>	24
2.6.4 <i>Campo de visión</i>	24
2.7 Humedad relativa.....	25
3. SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN	
3.1 Parámetros de selección.....	27

3.2	Variables de diseño	27
3.3	Selección del equipo	28
3.3.1	<i>Cálculo de sensación térmica por efecto de calor y humedad.</i>	28
3.3.2	<i>Cargas internas.</i>	30
3.3.3	<i>Cargas externas.</i>	42
3.3.4	<i>Resumen de cálculos de cargas térmicas internas y externas</i>	52
3.3.5	<i>Condiciones de análisis.</i>	52
3.3.6	<i>FORMEX</i>	52
3.3.7	<i>Selección de equipos.</i>	55
3.4	Implementación del equipo	56
3.4.1	<i>Orden de instalación</i>	56
3.5	Pruebas y funcionamiento	63
3.5.1	<i>Prueba de funcionamiento.</i>	66
3.6	Análisis de resultados	67
4.	ESTUDIO DE COSTOS	
4.1	Costos directos	69
4.2	Costos indirectos	71
4.3	Costo total de la implementación del sistema de climatización en el laboratorio de computación I.	71
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1	Conclusiones	72
5.2	Recomendaciones.	72
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Descripción de las partes del sistema	9
2	Factores ambientales	11
3	Cálculo de Área total	13
4	Horario del Laboratorio de Computación I.....	15
5	Horario de salida y puesta de sol en Riobamba	15
6	Valor de sensación térmica	18
7	Velocidad del viento	19
8	Efectos provocados por el calor	20
9	Toma de datos de la situación actual del laboratorio de computación	28
10	Parámetros de la humedad relativa	29
11	Velocidad del aire según el tipo de ambiente	29
12	Resultados de situación actual Laboratorio de Computación	29
13	Efectos provocados por el calor	30
14	Fuente Aire acondicionado una aplicación de la termodinámica	32
15	Tipos de Zona para uso de tablas con SCL, CLF, y edificios.....	33
16	Factor de carga de enfriamiento para.....	33
17	Descripción de Factores de luminarias	34
18	Cálculo de carga térmica total de luminarias	34
19	Calculo del porcentaje de uso del laboratorio de acuerdo al horario.....	35
20	Factor de carga de enfriamiento para personas y equipos	36
21	Factor CLFp (Carga de enfriamiento por persona).....	36
22	Contribución de calor de personas por establecimiento	37
23	Carga térmica total por personas	37
24	Resumen de Carga térmica aportado por personas	38
25	Factores recomendados de calor ganado para equipos de computación.....	38
26	Factor de carga de enfriamiento para personas y equipos	39
27	Descripción de carga térmica de los equipos	39
28	Infiltración Tabulada para ventanas.....	40
29	Valores de resistencia térmica para materiales aislantes	42
30	Valores de resistencia térmica para materiales aislantes de Paredes.....	43
31	Calculo de coeficiente U	43
32	Guía para la selección del tipo de paredes estándar.....	44
33	Cálculo del CLTD para paredes.....	45
34	Datos para calcular el factor LM	45
35	Interpolación para cálculo de factor LM.....	46
36	Coeficiente total de transferencia de calor para paredes.....	46
37	Coeficiente total de transferencia de calor para techos.....	48
38	Cálculo del CLTD para ventanas	50
39	Factor SHGF para ventanas	50
40	Valores para CLF para las ventanas	51

41	Resumen de cargas térmicas	52
42	Comparación de Carga Térmica Total.....	55
43	Comparativa de usos más comunes de tipos de acondicionadores de aire	55
44	Acondicionadores de aire por superficies.....	55
45	Selección del equipo de acuerdo a carga térmica	56
46	Dimensiones del equipo.....	59
47	Descripción del montaje	60
48	Selección de longitud del tubo.....	60
49	Mediciones de temperatura.....	67
50	Costos del equipo y herramientas	69
51	Costos de accesorios	69
52	Costos de mano de obra.....	70
53	Total de costos directos.....	70
54	Costos indirectos.....	71
55	Costos total del proyecto.....	71

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
1	Partes del sistema..... 8
2	Ciclo de refrigeración 9
3	Escuela de Ingeniería Industrial..... 12
4	Laboratorio de Computación I..... 12
5	Orientación del Laboratorio de Computación I..... 13
6	Termómetro infrarrojo 24
7	Descripción del Termómetro infrarrojo 24
8	Diámetro del punto medio 24
9	Higrómetro..... 25
10	Toma de datos 28
11	Luminarias 32
12	Proyector EPSON 39
13	Orientación de Paredes del laboratorio de computación 1 44
14	Descripción del techo del laboratorio 48
15	Ubicación de ventanas del laboratorio..... 49
16	Tipo de edificio..... 53
17	Tipo, situación y dimensiones del laboratorio 53
18	Paredes, ventanas, orientación y personas de la habitación..... 54
19	Paredes, ventanas, orientación y personas de la habitación..... 54
20	Solución, capacidad del aire acondicionado 54
21	Aire acondicionado (Piso – Techo) 56
22	Unidad interior..... 57
23	Descripción de tapas laterales..... 57
24	Perno de anclaje 58
25	Fijación de unidad evaporadora..... 58
26	Unidad exterior 59
27	Orden de montaje..... 60
28	Instalación de la tubería desagüe 61
29	Imagen del cableado 62
30	Colocación de tubos de cobre y cableado eléctrico 63
31	Comprobación de fugas del sistema de refrigeración..... 63
32	Comprobación del desagüe..... 64
33	Verificación de la cubierta de rubatex (aislamiento térmico)..... 64
34	Verificación de instalación a tierra del equipo 64
35	Verificación de longitud de tubos de refrigeración y carga de refrigerante 65
36	Verificación de unidad interior (condensadora) 65
37	Verificación de unidad exterior 66
38	Análisis de cargas internas..... 67
39	Interpretación mediciones de temperatura 68

LISTA DE ABREVIACIONES

ASHRAE	Asociación americana de aire acondicionado y refrigeración
TFM	Función de Transferencia
CLTD/CLF	Cálculo de Cargas por Temperatura Diferencial y Factores de Carga de Enfriamiento
TETD/TA	Valores de Temperatura Diferencial Total Equivalente y Tiempo Promedio

LISTA DE ANEXOS

- A** Antes y después del Laboratorio de Computación I.
- B** Diagramas eléctricos de la instalación del aire acondicionado
- C** Implementación del sistema de aire acondicionado
- D** Guía de Control
- E** Manual de mantenimiento

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad realizar la implementación de un sistema de climatización de aire automático, creando de esta manera condiciones de confort necesarias. En el Ecuador la falta de Normas y fundamentos para la implementación de sistemas por climatización, nos hace recurrir a normas internacionales tal como ASHRAE (Asociación Americana de Aire Acondicionado y Refrigeración). Dado que el sistema de climatización debe ser usado como una herramienta para mejorar el confort térmico, se deben mantener parámetros como humedad y temperatura del aire dentro de los valores permisibles. Se realizará un cálculo de carga térmica total generado en el laboratorio de computación I, los mismos que nos ayudaran a la selección de los equipos y demás accesorios para el sistema de climatización de aire. Finalmente se presentarán los resultados del cálculo y esquema de la implementación. Con la culminación del sistema de climatización, se generara un ambiente confortable para los ocupantes. Mediante un análisis detallado de la carga térmica que incide en el ambiente del laboratorio de computación, se puede concluir que la implementación ha sido de acuerdo a las consideraciones indicadas por la ASHRAE. Además se recomienda que se realice estudios similares a los demás los laboratorios para asegurar la comodidad a los usuarios.

PALABRAS CLAVES: <AUTOMATICO>, <CLIMATIZACIÓN>, <AIRE ACONDICIONADO>, <CONDICIONES INTERIORES Y EXTERIORES>, <CARGA TÉRMICA>, <ASOCIACIÓN AMERICANA DE AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACIÓN (ASHRAE)>, <CÁLCULO DE CARGAS POR TEMPERATURA DIFERENCIAL Y FACTORES DE CARGA DE ENFRIAMIENTO (CLTD/CLF)>, <FLUJO DE CALOR>.

ABSTRACT

The present research work, has the purpose to realize the implementation of an automatic air-conditioning system, creating in this way necessary conditions of comfort. In Ecuador, the lack of rules and fundamentals for the implementation of air conditioning systems, makes us resort to international standards such as ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers). Given that the conditioning system should be used as a tool to improve thermal comfort, it should be maintained the parameters such as humidity and air temperature within permissible values. It will realize a calculation of total thermal load generating in the computer lab I, the same ones that will help us to select the equipment and other accessories for the air-conditioning system. Finally, it was presented the results of the calculation and implementation scheme. With the culmination of the conditioning system, it will generate a comfortable environment for the occupants. Through a detail analysis about the thermal load that affects the computer lab environment, it can be concluded that the implementation has agreed to the considerations indicated in the ASHRAE. Besides, it was recommended the similar studies are carried out to the other computer labs to ensure comfort of users.

Clue Words: <AUTOMATIC>, <CONDITIONING>, <AIR-CONDITIONING>, <INTERIOR AND EXTERIOR CONDITIONS>, <THERMAL LOAD>, <American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)>, <CALCULATION OF CHARGES BY DIFFERENTIAL TEMPERATURE AND COOLING CHARGE FACTORS (CLTD/CLF)>, <HEAT FLOW>.

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los lugares de trabajo, oficinas, negocios, salas de reuniones, laboratorios, etc., ofrecer un ambiente confortable no es un lujo, es una necesidad y debe de ser visto como una inversión indispensable para que las personas se sientan cómodas y relajadas, deseosas de brindar su mejor esfuerzo.

En los centros de cómputo es recomendable que todas las computadoras tengan una atmósfera libre de polvo, dentro de unos límites específicos de temperatura y humedad relativa. Este control es sólo posible mediante el uso de equipos de climatización, que realicen las funciones de control de la temperatura del aire dentro de los límites requeridos, bien mediante la extracción del calor, o bien suministrando o haciendo circular el aire y manteniendo la humedad relativa y la temperatura.

Para los equipos de cómputo en general es aconsejable que el equipo se utilice y almacene a una temperatura de 21°C con una variación de 1°C y una humedad relativa de 50% con una variación del 5%. La implementación de un sistema de aire acondicionado controla los niveles de temperatura, dependiendo de las cargas térmicas (personas, computadoras, clima, entre otros). Producir las condiciones térmicas agradables no es un proceso al azar, se requiere realizar un estudio técnico, basado en el análisis de variables que se relacionen entre si afectando directamente el calor almacenado en el espacio y parámetros físicos.

El sistema de aire acondicionado piso – techo que, además de cumplir con requerimientos de confort a los usuarios, tiene flexibilidad y un control inteligente que se adecua fácilmente a las características del entorno. Este sistema está compuesto de una unidad interior o evaporadora y una unidad exterior o condensadora.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

El campo de las Instalaciones Industriales, el confort dentro de las mismas donde se llevan a cabo procesos diferentes, ha pasado de ser algo desconocido a ser una herramienta indispensable para un correcto desempeño dentro de las mismas. La capacidad intelectual del ser humano ha hecho posible encontrar soluciones prácticas e innovadoras y retos que el camino a la modernización ha presentado en las distintas etapas de avance tecnológico y que han marcado los registros históricos del desarrollo y mejoramiento de las instalaciones industriales.

En una ciudad como Riobamba parecería innecesario aplicar un sistema de aire acondicionado, pero las instalaciones en sus interiores llegan a tener temperaturas elevadas. Riobamba se encuentra a una altitud de 2750m, siendo este influenciado por hermosos nevados, se llegan a obtener una temperatura media anual que oscila entre los 10 y 18°C, la temperatura promedio máxima puede llegar a variar entre 22 y 32°C, siendo esto necesario en algunos espacios físicos sistemas de climatización.

La ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL, se encuentra en una etapa de modernización de sus instalaciones con el fin de prestar un servicio de enseñanza – aprendizaje eficiente y de calidad, el laboratorio de computación I es una instalación que utilizan todos los estudiantes de la escuela, el mismo que en la actualidad cuenta con acceso a internet, equipos de cómputo actualizados, pero el nivel de confort térmico dentro del laboratorio es un factor que limita el rendimiento, es por ello que la implementación de un sistema de acondicionamiento de aire permitirá tener una sensación de confort térmico.

1.2 Planteamiento del problema

El flujo de personas que según el índice metabólico nos dice que el calor emitido por una persona sedente por metro cuadrado es de (50 kcal/h·m²) y el número de 32 ocupantes,

nos da un total de (1600 kcal/h·m²), el uso de las máquinas de computo que liberan cierta cantidad de calor, sumando el clima de la ciudad de Riobamba que es por lo general frío y consta de dos estaciones, una húmeda y una seca, en algunas épocas del año la máxima temperatura diaria puede alcanzar los 25 °C a 27 °C, la estructura y orientación del laboratorio, hace que la temperatura interior este por encima de la temperatura de confort estándar para los usuarios. El laboratorio de computación I, es utilizado por todos los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Industrial durante el período académico, para diversas actividades como cursos, enseñanzas y evaluaciones.

Se realizó mediciones de temperatura durante las horas académicas efectuadas en el laboratorio donde la temperatura va de 24°C a 30°C. Según el análisis de los resultados, se pudo percibir que los usuarios no se encuentran a una temperatura confortable, lo cual no permite que los ocupantes desarrollen sus actividades de forma agradable. Por esta razón, el presente estudio se enfoca en el laboratorio antes mencionado, la razón que sus usuarios no se encuentren a gusto, es la falta de climatización en la instalación, lo cual estimula un ambiente escaso de las condiciones de confort necesarias para un entorno de estas características.

1.3 Justificación

1.3.1 *Justificación teórica.* Uno de los grandes sistemas para suprimir el calor fue sin duda el de los egipcios. Se utilizaba en el palacio del Faraón, cuyas paredes estaban formadas por enormes bloques de piedra, con un peso superior a mil toneladas. Durante la noche, tres mil esclavos dismantelaban las paredes y acarreaban las piedras al Desierto del Sahara. Como el clima desértico es extremo y la temperatura disminuye a niveles muy bajos durante las horas nocturnas, las piedras se enfriaban notablemente. Justo antes que amaneciera, los esclavos acarreaban de regreso las piedras al palacio y volvían a colocarlas en su sitio. Se supone que el Faraón disfrutaba de temperaturas alrededor de los 26 °C, mientras afuera el calor subía hasta casi el doble. Si entonces se necesitaban miles de esclavos para poder realizar una labor de acondicionamiento de aire, actualmente esto se efectúa fácilmente.

En 1842, Lord Kelvin invento el principio del acondicionador de aire. Con el objetivo de conseguir un ambiente agradable y sano, el científico creó un circuito frigorífico hermético basado en la absorción del calor a través de un gas. (Acondicionado, 2006)

Para ello, se basó en 3 principios:

- El calor se transmite de la temperatura más alta a la más baja, como cuando enfriamos café introduciendo una cuchara de metal a la taza y esta absorbe calor. (Acondicionado, 2006)
- El cambio de estado del líquido a gas absorbe calor. Por ejemplo, si humedecemos la mano con alcohol, sentimos frío en el momento en que este se evapora, puesto que absorbe calor de nuestra mano. (Acondicionado, 2006)
- La presión y la temperatura están directamente relacionadas. En un recipiente cerrado, como una olla, necesitamos proporcionar menor cantidad de calor para llegar a una misma temperatura que en uno abierto. (Acondicionado, 2006)

Un aparato acondicionador de aire, para el acondicionamiento del aire. Este es el proceso más completo de tratamiento del ambiente de un local cerrado y consiste en regular la temperatura. (Acondicionado, 2006)

El proyecto tecnológico “IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN AUTOMÁTICO EN EL LABORATORIO DE COMPUTACIÓN I” busca mejorar la calidad de aire interior, por que ofrecer un ambiente confortable es una necesidad y debe ser visto como una adecuación indispensable para que los docentes, estudiantes se sientan cómodos y relajados, para desarrollar sus actividades cotidianas.

Los conocimientos adquiridos dentro de la carrera son los necesarios para realizar cualquier tipo de implementación en el campo de ingeniería, industria y construcción. Las condiciones idóneas para que una instalación sea confortable, para realizar una actividad, se requieren el conocimiento en automatización, termodinámica, electricidad, electrónica y ergonomía, deben ser aplicados a la implementación y operatividad del sistema de acondicionamiento de aire.

1.3.2 *Justificación metodológica.* La metodología empleada en el proyecto, tiene base en norma ASHRAE, técnicas y uso de tablas, graficas, catálogos de equipos de acondicionamiento de aire. sin olvidar las mediciones realizadas para registrar como inicio los pertinentes datos del problema.

Es un ejemplo de, cómo y bajo que parámetros se debe realizar la colocación de un sistema de este tipo, la importancia que se debe tener al considerar el confort de los ocupantes de un recinto, entre otros factores.

Además el uso del método de R G Stedman que relaciona la temperatura, humedad relativa, y velocidad del aire. Que permiten establecer los efectos provoca el calor y sus consecuencias en las personas que desempeñan actividades en esas condiciones.

Las fases del trabajo de titulación de la metodología propuesta permiten llevar las actividades planteadas en un orden lógico y sistemático, de tal manera, que no se podrá pasar a la siguiente actividad de la metodología mientras no se haya culminado con éxito la actividad previa, esto permite llevar a cabo el proyecto de una manera ordenada y mantener un índice del nivel óptimo de avance del mismo.

1.3.3 *Justificación práctica.* Podríamos decir que existe “Confort Térmico” cuando las personas no experimentan sensación de calor ni de frío; es decir, cuando las condiciones de temperatura y humedad y movimientos del aire son favorables a la actividad que se desarrolla.

Las condiciones ambientales tales como temperatura, humedad, velocidad del aire, actividad del trabajo. El Real Decreto establece que para actividades en los locales cerrados deben cumplirse las siguientes condiciones:

- Temperatura entre 17 y 27 °C, si se realizan trabajos sedentarios o entre 14 y 25 °C, si son trabajos ligeros. (486/1997, 2011)
- Humedad relativa entre 30 y 70%, excepto si hay riesgo por electricidad estática, en cuyo caso. El límite inferior será el 50%. (486/1997, 2011)
- En un ambiente no climatizado, la velocidad del aire inferior a 0,25m/s en ambientes no calurosos; inferior a 0,5m/s en trabajos sedentarios en ambiente caluroso e inferior a 0,75 m/s en trabajos no sedentarios en ambientes calurosos. Para los sistemas de aire acondicionado, los límites son de 0,25m/s en trabajos sedentarios y de 0,35m/s en los demás casos. (486/1997, 2011)

Trabajos sedentarios:

- Trabajos que implican poco desplazamiento (de forma ocasional) o ninguno, oficinas o similares
- Trabajo con ordenador, tareas en banco, conducción de vehículos livianos, trabajo con herramientas de baja potencia.

Trabajos no sedentarios:

- Se considera como trabajos no sedentarios a los trabajos tales como:
 - Martillar, manejo manual de material pesado, conducir vehículos pesados.

En el laboratorio de computación 1 de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH se realizan actividades enseñanza – aprendizaje que se denominan de carácter sedentario y tenemos temperaturas entre 24 y 32 °C, una humedad relativa del 60%, y una velocidad del aire menor a 0,5m/s.

La recomendación de la publicación del (ERGA Noticias, 2011), establece las condiciones ambientales y parámetros de temperatura, humedad y velocidad del aire en los que se debe desarrollar actividades como las del laboratorio de computación, que al no cumplir establece como medida preventiva lo siguiente: Que mediante un sistema adecuado de climatización de aire (a través de electricidad, agua caliente, vapor, agua fría, o líquidos refrigerantes) se debe crear un clima interior confortable para la mayoría de los ocupantes de un espacio, de manera que se pueda refrigerar durante una estación cálida.

La implementación del sistema de acondicionamiento de aire para el laboratorio de computación I de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH, es una alternativa para un correcto desempeño de las actividades cotidianas que se llevan a cabo en el laboratorio, ya que permite a la escuela en mención tener instalaciones que brinden a estudiantes y docentes un ambiente confortable para llegar a un estándar de calidad alta en la educación impartida.

Unas idóneas condiciones climáticas ayudan a prevenir daños en la salud del docente y los alumnos, favoreciendo directamente en el bienestar y en la ejecución de las tareas que se llevan a cabo en el mismo.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general.* Implementar y probar un sistema de climatización automático en el laboratorio de computación I de la escuela de Ingeniería industrial de la ESPOCH.

1.4.2 *Objetivos específicos:*

- Analizar la situación actual de las instalaciones e infraestructura del laboratorio de computación I de la escuela de Ingeniería Industrial.

- Realizar el cálculo de carga térmica total, utilizando la Norma ASHRAE.

- Seleccionar e instalar un sistema de acondicionamiento de aire para mantener un ambiente confortable y saludable en el laboratorio.

- Comprobar el correcto funcionamiento del sistema de acondicionamiento de aire.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

Para realizar el proyecto tecnológico se debe tener definidos ciertos conceptos que nos ayudaran a entender el comportamiento de las variables en el proceso.

2.1 Descripción general del sistema acondicionador de aire

Para utilizar las herramientas de Ingeniería que nos permiten brindar “confort” necesitamos identificar detalladamente el problema; es decir, conocer las características del lugar que necesitamos climatizar. En este capítulo describiremos y el sistema que nos permite proporcionar las condiciones térmicas necesarias para su climatización. (Rodriguez, 2006)

2.1.1 *Proceso de selección.* Para realizar la implementación de este proyecto, se debe establecer el procedimiento técnico que debemos seguir para realizar la selección adecuada del sistema de aire acondicionado eficiente y económico a la problemática de la climatización del laboratorio.

Conociendo las características geométricas, físicas y funcionales del laboratorio calculamos la Carga Térmica, que es un valor que nos permite establecer la cantidad de calor que necesitamos “vencer” para climatizar el laboratorio y seleccionar adecuadamente la capacidad requerida.

En el campo de la ingeniería existe una variedad de Sistemas de Climatización de Aire, como:

- Aire acondicionado de ventana
- Aire acondicionado Split
- Unidades de aire acondicionado
- Sistema de aire acondicionado centralizado

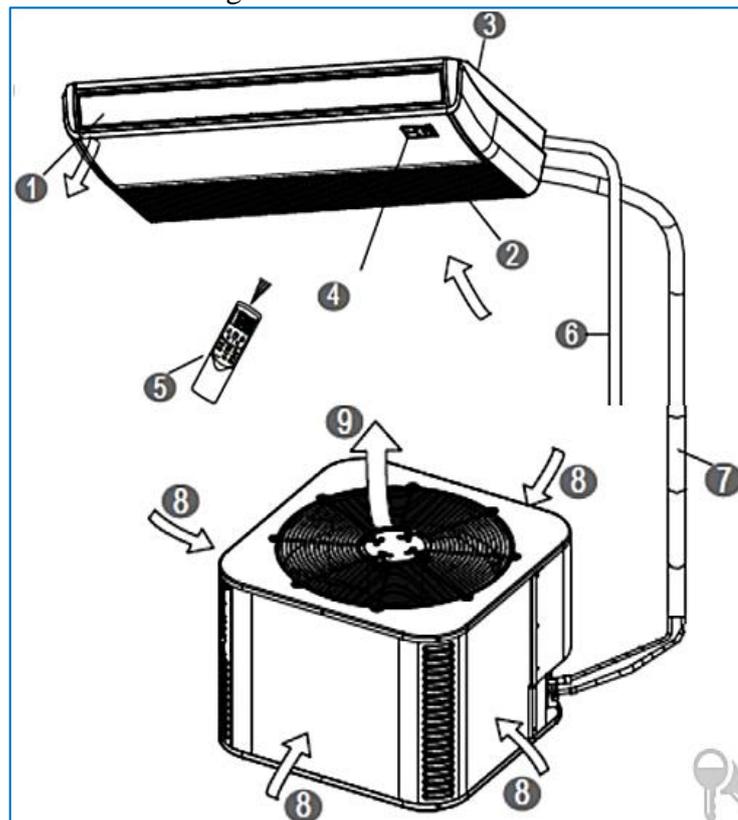
La elección de uno u otro depende de parámetros que se relacionan entre sí; seleccionando una unidad de aire acondicionado (Piso – Techo), ya que este es el más adecuado para absorber la capacidad de calor que se produce en el laboratorio.

2.1.2 *Componentes del sistema.* La unidad de aire acondicionado (Piso – Techo) que hemos seleccionado tiene los siguientes componentes: (Trane Manual de Instalacion, 2011)

- Unidad interior (Evaporadora)
- Unidad exterior (Condensador)
- Tubo de conexión (Cañería de cobre)
- Tubo de desagüe

A continuación mostramos un esquema ilustrativo de cada uno de los componentes del sistema.

Figura 1. Partes del sistema



Fuente: (Trane Manual de Instalacion, 2011)

Tabla 1. Descripción de las partes del sistema

Unidad Interior	Unidad Exterior
1 Rejilla de flujo de aire (Salida de aire)	7 Tubo de conexión
2 Punto de entrada de aire (Con filtro de aire en el interior)	8 Entrada de aire
3 Parte de instalación	9 Punto de salida de aire
4 Panel Visualizador	
5 Control remoto	
6 Tubo de drenaje	

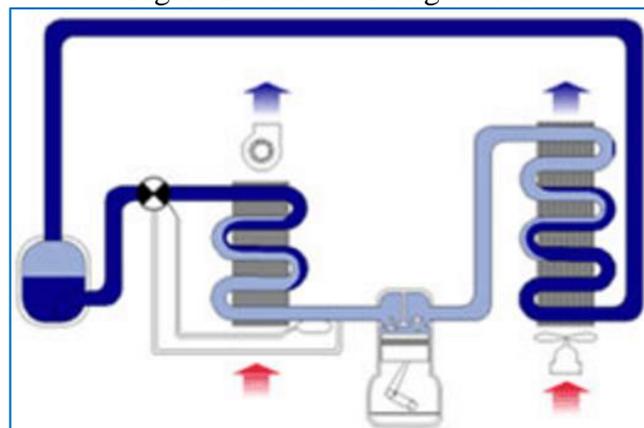
Fuente: (Trane Manual de Instalacion, 2011)

2.1.3 *Funcionamiento del sistema.* Los componentes del sistema detallados anteriormente son los que en conjunto producen el confort necesario para climatizar el laboratorio; el resultado es un ambiente de trabajo cómodo y agradable. (ERGA Noticias, 2011)

La climatización es el proceso de tratamiento del aire en el que se controla simultáneamente su temperatura, humedad, limpieza y distribución para responder a las exigencias del espacio climatizado. (Daikin, 2010)

2.1.4 *Ciclo o proceso de refrigeración.* En el ciclo de refrigeración, un refrigerante cuya función es la de reducir o mantener la temperatura de un determinado ambiente por debajo de la temperatura del entorno. Para ello, se debe extraer calor del espacio que deseamos refrigerar y transferirlo a otro cuerpo cuya temperatura sea inferior que pasa por diversos estados o condiciones. Cada uno de estos cambios se denomina “procesos”. (Daikin, 2010)

Figura 2. Ciclo de refrigeración



Fuente: (Daikin, 2010)

El refrigerante comienza en un estado o condición inicial, pasa por una serie de procesos según una secuencia definida y vuelve a su condición inicial. El conjunto de esta serie de procesos se denomina "ciclo de refrigeración".

El ciclo de refrigeración simple se compone de cuatro procesos fundamentales. (Daikin, 2010)

2.1.4.1 *Expansión.* Al principio, el refrigerante está en estado líquido en la unidad exterior a alta presión. Es necesario enviarlo a la unidad interior y, para conseguir el efecto de refrigeración, se manda a través de un elemento de expansión.

Con ello se consiguen dos cosas: reducir la presión y la temperatura del líquido, dejándolo con las condiciones óptimas para la operación. (Daikin, 2010)

2.1.4.2 *Evaporación.* En el evaporador (dentro de la unidad interior), el líquido se evapora, cediendo frío al aire del local a climatizar (impulsado por un ventilador). Todo el refrigerante se evapora en el evaporador y como resultado se obtiene gas. (Daikin, 2010)

2.1.4.3 *Compresión.* Este gas vuelve a la unidad exterior para convertirse, de nuevo, en líquido. El primer paso es comprimir el gas. Esta operación se efectúa en el compresor obteniendo gas a alta presión. (Daikin, 2010)

2.1.4.4 *Condensación.* El vapor a alta presión circula a través del condensador. Se evacua el calor al exterior y se obtiene el refrigerante en estado líquido. (Daikin, 2010)

2.2 Carga térmica o carga de enfriamiento

Es la razón a la cual el calor tiene que ser removido de un espacio para mantener determinadas condiciones de temperatura y humedad que dan lugar al confort humano; se expresa en BTU/h. (ERGA Noticias, 2011)

Los factores requeridos para determinar la Carga de Enfriamiento, se van a utilizar para el cálculo de cargas térmicas en el laboratorio de computación, lo importante es aplicar un buen criterio para desarrollar el procedimiento definido, el mismo que nos permitirá seleccionar la capacidad adecuada para el equipo climatizador.

2.2.1 *Ganancia de calor.* La ganancia de calor es la razón a la cual el calor entra o es generado en el espacio en un momento determinado. Se clasifica por el modo en el cual entra al espacio y se expresa en BTU/h. (Rodríguez, 2006)

2.2.2 *Calor sensible y calor latente.* Calor sensible es cuando aplicamos calor a una sustancia y esta responde aumentando su temperatura. (Rodríguez, 2006)

Calo latente es cuando aplicamos calor a una sustancia y esta no aumenta temperatura pero si cambia de estado. (Rodríguez, 2006)

2.2.3 *Tasa metabólico.* La tasa metabólica mide el gasto energético muscular que experimenta el trabajador cuando desarrolla una tarea. Gran parte de dicha energía es transformada directamente en calor. Aproximadamente sólo el 25% de la energía es aprovechada en realizar el trabajo, el resto se convierte en calor. (Diego-Mas, 2015)

2.2.4 *Confort térmico.* Es la sensación de completo bienestar físico, desde un punto de vista de equilibrio en el intercambio de calor. En un ambiente cerrado son cuatro los factores ambientales que intervienen directamente en el confort térmico: temperatura del aire, humedad, movimiento del aire y pureza del aire. (Diego-Mas, 2015)

Tabla 2. Factores ambientales

Control de la temperatura	El control de la humedad
La temperatura del aire está directamente relacionada con el intercambio de calor entre dos cuerpos. Un control adecuado de la temperatura ayuda a un mayor de confort y bienestar físico.	Una gran parte del calor del cuerpo humano se disipa por medio de la evaporación por medio del sudor. La humedad del ambiente supera determinados niveles, no habrá sensación de confort.
Movimiento y circulación del aire	Filtrado, limpieza y purificación del aire
Las corrientes de aire actúan directamente en la sensación térmica, si mayor es la velocidad de aire, aumenta la capacidad de transmisión de calor.	La pureza del aire se consigue mediante la renovación del aire de la habitación y se controla mediante la eliminación de partículas contaminantes mediante ventilación.

Fuente: (Daikin, 2010)

Es la sensación de completo bienestar físico, desde un punto de vista de equilibrio en el intercambio de calor.

En un ambiente cerrado son cuatro los factores ambientales que intervienen directamente en el confort térmico: temperatura del aire, humedad, movimiento del aire y pureza del aire.

2.3 Criterios de selección

Los criterios de selección son aspectos técnicos que se debe utilizar como información inicial para realizar el cálculo térmico, se basa en establecer las condiciones interiores y exteriores.

2.3.1 *Consideraciones iniciales de análisis.* La instalación que se considerara para la implementación del sistema de aire acondicionado es el Laboratorio de Computación 1 de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH, que queda ubicado en la segunda planta del edificio central de la escuela.

Figura 3. Escuela de Ingeniería Industrial



Fuente: Autores

Uno de los mayores problemas del aula de computación 1 es la afluencia de gente y la exposición de algunos de los frentes y los techos a la luz solar. Se puede prever que esto genera una carga térmica considerable, la cual debe ser extraída por los equipos.

Figura 4. Laboratorio de Computación I



Fuente: Autores

Para realizar un estudio más detallado de las cargas que recibe el laboratorio, se realizaron mediciones del espacio.

Figura 5. Orientación del Laboratorio de Computación I



Fuente: Aplicación Mapsme

Tabla 3. Cálculo de Área total

Cantidad	Descripcion	Ancho(m)	Alto (m)	Area (m ²)
1	Pared Noroeste	9	2,98	26,82
1	Pared Sureste	9	1,18	10,62
3	Ventanas Sureste	2,65	1,7	13,515
1	Pared Suroeste	5,5	2,98	16,39
1	Pared Noroeste	5,5	2,98	16,39
1	Techo	9	5,5	49,5
1	Piso	9	5,5	49,5
TOTAL				182,735

Fuente: Autores

La instalación que se considerara para la implementación del sistema de aire acondicionado es el Laboratorio de Computación 1 de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH, que queda ubicado en la segunda planta del edificio central de la escuela.

2.3.2 *Condiciones exteriores de análisis.* El laboratorio de computación se puede considerar dos frentes y un techo, los cuales contribuirán con carga térmica al interior. El techo está formado por concreto y enlucido. Las paredes están hechas de ladrillo y enlucido.

Por otro lado, hay ventanas hacia el exterior con un área considerable de aluminio como marco, lo cual se debe tomar en cuenta para el factor U de transmisión. Las ventanas dan al lado sureste, por lo cual recibe un gran porcentaje de radiación.

Hay que considerar que no todas las paredes tienen contribución de carga térmica debido a que algunas están cubiertas por el interior del edificio. Al lado noroeste está ubicado el laboratorio 2 de la Escuela de Ingeniería Industrial, al lado Noreste dirección y secretaria.

2.3.2.1 *Fecha y tiempo.* Para la transmisión de carga por el sol nos basamos en los datos históricos tomados de la página del INAMHI donde nos proporciona la temperatura máxima media 24,39°C y mínima media de 9,2°C de la ciudad de Riobamba del año 2016. No se aleja mucho de la realidad ya que, debido a los cambios climáticos, se puede percibir una gran cantidad de sol en la mayor parte del año. (INHAMI, 2016)

2.3.3 *Consideraciones interiores de análisis.* El Laboratorio de computación 1 brinda servicio a los estudiantes y personal docente de la Escuela de Ingeniería Industrial.

- Las personas
- Los equipos eléctricos
- La iluminación Entre otros aspectos

Representan carga térmica que debe ser extraída del laboratorio.

Existe afluencia de gente, la cual pasa sentada o con movimientos de desplazamiento lentos (caminar hasta las mesas, tipiar, entre otros). Las personas, en cualquier estado generan carga térmica. Un ejemplo de esto es que el cuerpo humano permanece a 37°C pese a que una habitación este a 20°C. Implica que al interior del cuerpo humano se genera energía, la cual compensa la perdida por transferencia del cuerpo hacia el medio.

En el laboratorio los equipos que se pueden encontrar son los siguientes:

- Equipos de cómputo de escritorio
- Proyector
- Equipo de conexión de internet

Estos equipos producen calor que queda al interior de la instalación.

La iluminación es un aspecto fundamental del laboratorio. Al considerarse como un sitio de enseñanza – aprendizaje, toda el área de este debe tener una buena iluminación. Sin embargo, esto genera una gran carga térmica que debe ser evacuada para mantener unas condiciones de confort. En este laboratorio se utiliza lámparas fluorescentes (luz fría), es decir que produce poca carga térmica.

2.3.3.1 Frecuencia de operación. El laboratorio está abierto en el semestre regular de lunes a viernes en las mañanas entre las 07h00 hasta 13h00 y en las tardes entre 14h00 hasta 18h00. Cumpliendo un horario de clases estipulado para el semestre (Octubre 2016 – Febrero 2017). Además cuando se realiza la evaluación semestral a los docentes de la escuela, este laboratorio es prestado a todos los estudiantes para que realicen dicha evaluación, cabe mencionar que este laboratorio no se utiliza en los recesos académicos institucionales.

Tabla 4. Horario del Laboratorio de Computación I

USO DEL LABORATORIO DE COMPUTACION 1 DE LA ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL					
SEGÚN HORARIO DE CLASES ESTIPULADO PARA EL PERIODO OCTUBRE 2016 - FEBRERO 2017					
HORARIO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
07H00-09h00	Programacion1	Programacion 2	Programacion 2		
09h00-11h00		Progamacion 1		Programacion 2	Programacion 2
11h00-13h00			Programacion 1		Programacion 1
14h00-16h00	Simulacion				
16h00-18h00					Simulacion
18h00-20h00					

Fuente: Secretaria de la Escuela de Ingeniería Industrial

Podemos considerar que la mayor parte de la carga térmica se genera en las horas de uso, con algunas excepciones el sol inicia su contribución todos los días del año aproximadamente a las 06h00 y termina a las 18h00.

Tabla 5. Horario de salida y puesta de sol en Riobamba

Fecha	Orto	Ocaso	Duración del día
07/12/2016	5:58	18:14	12:15
08/12/2016	5:59	18:14	12:15
09/12/2016	5:59	18:15	12:15
10/12/2016	6:00	18:15	12:15
11/12/2016	6:00	18:16	12:15
12/12/2016	6:01	18:16	12:15
13/12/2016	6:01	18:17	12:15
14/12/2016	6:02	18:17	12:15
15/12/2016	6:02	18:18	12:15
16/12/2016	6:03	18:18	12:15
17/12/2016	6:03	18:19	12:15
18/12/2016	6:04	18:19	12:15
19/12/2016	6:04	18:20	12:15
20/12/2016	6:05	18:20	12:15

Fuente: (Meteorología de la Ciudad de Riobamba, 2014)

2.3.4 *Consideraciones adicionales para el análisis.* Al momento de calcular la carga total del laboratorio de cómputo 1 de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH, se encontraron variables que afectan el cálculo de las cargas térmicas, que son difíciles de establecer en forma precisa porque cambian en magnitud durante un periodo de 24 horas, como es por ejemplo la carga de enfriamiento.

Se calcula la carga de enfriamiento de una manera más precisa, analizando detalladamente las siguientes condiciones:

- Datos atmosféricos del lugar
- Características del Establecimiento
- Orientación del Edificio, dirección de las paredes y ventanas del área acondicionar
- Cantidad de sombra en las ventanas
- Tipo de Materiales utilizados en paredes, techos y ventanas
- Carga máxima en un determinado Día y Hora
- Fuentes de calor Internas
- Cantidad de Personas en el lugar

2.4 Sensación térmica por efecto del calor y humedad (R.G. Stedman - USA)

La temperatura del aire exterior no siempre es un indicador seguro y digno de confianza para determinar el frío o calor que una persona puede sentir, si está expuesta al aire libre. Existen otros parámetros meteorológicos que influyen como la velocidad del viento, la radiación y la humedad relativa.

El término sensación térmica es usado para describir el grado de incomodidad que un ser humano siente, como resultado de la combinación de la temperatura y el viento en invierno y de la temperatura, la humedad y el viento en verano. (Stedman, 1979)

Existen dos factores que aceleran la pérdida de calor del cuerpo humano y que definen, la sensación de frío: 1) La diferencia térmica entre la piel y el medio ambiente y 2) la velocidad del viento.

La pérdida continua de calor del organismo es mayor, si mayor es la diferencia entre la temperatura de la piel (32°C) y la temperatura del medio ambiente.

Esta diferencia se concentra en una capa de aire que rodea todo el cuerpo, de sólo algunos milímetros de espesor llamada capa límite. Cuanto más reducida se halla el espesor de esa capa por efecto del viento, mayor es la pérdida de calor por unidad de tiempo.

Por ejemplo si en una mañana de invierno la temperatura es de 0°C y existen condiciones de calma (sin viento), no se sentirá mucho frío al estar normalmente abrigado, pero a la misma temperatura y con viento de 40 Km/h, la sensación térmica será equivalente a 15° bajo cero. (Stedman, 1979)

En el verano, la humedad es el elemento que aumenta la sensación de discomfort. R.G. Stedman (USA) desarrolló el parámetro sensación térmica como efecto combinado de calor y la humedad, a partir de estudios sobre la fisiología humana y sobre la transferencia de calor entre el cuerpo, la vestimenta y el entorno.

Cuando la humedad es elevada, el valor de la sensación térmica excede al de la temperatura del aire.

En este caso la sensación térmica cuantifica la dificultad que el organismo encuentra para disipar el calor producido por el metabolismo interno y la incomodidad asociada con una humedad excesiva.

Si la humedad es baja, la sensación térmica es menor que la temperatura del aire.

En este caso el parámetro mide el aumento de la sensación de bienestar, producido por un mayor enfriamiento de la piel debido a la mayor evaporación de la transpiración favorecida por la baja humedad del aire.

Cuando la temperatura es menor que 32°C (temperatura de la piel), el viento disminuye la sensación térmica. En cambio si la temperatura supera los 32°C la aumenta. (Stedman, 1979)

A continuación se presenta la tabla para calcular sensación térmica. Para leerla, con el valor de temperatura, humedad y en la intersección de estos valores tenemos la sensación térmica. (Stedman, 1979)

Tabla 6. Valor de sensación térmica

T (° C) / H Rel. (%)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
20	16	16	17	17	17	18	18	19	19	19	19	19	20	20	20	21	21	21	21	21	21
21	18	18	18	19	19	19	19	19	20	20	20	20	21	21	21	22	22	22	22	22	23
22	19	19	19	20	20	20	20	20	21	21	21	21	22	22	22	22	23	23	23	23	24
23	20	20	20	20	21	21	22	22	22	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	25	25
24	21	21	22	22	22	22	23	23	23	24	24	24	24	25	25	25	25	26	26	26	26
25	22	23	23	23	24	24	24	24	24	24	25	25	25	26	26	26	27	27	27	28	28
26	24	24	24	24	25	25	25	26	26	26	26	27	27	27	27	28	28	29	29	29	30
27	25	25	25	25	26	26	26	27	27	27	27	28	28	29	29	30	30	31	31	31	33
28	26	26	26	26	27	27	27	28	28	28	29	29	29	30	31	32	32	33	34	34	36
29	26	26	27	27	27	28	29	29	29	29	30	30	31	33	33	34	35	35	37	38	40
30	27	27	28	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	37	39	40	41	45
31	28	28	29	29	29	29	30	31	31	31	33	34	35	36	37	39	40	41	45	45	50
32	29	29	29	29	30	31	31	33	33	34	35	35	37	39	40	42	44	45	51	51	55
33	29	29	30	30	31	33	33	34	34	35	36	38	39	42	43	45	49	49	53	54	55
34	30	30	31	31	32	34	34	35	36	37	38	41	42	44	47	48	50	52	55		
35	31	32	32	32	33	35	35	37	37	40	40	44	45	47	51	52	55				
36	32	33	33	34	35	36	37	39	39	42	43	46	49	50	54	55					
37	32	33	34	35	36	38	38	41	41	44	46	49	51	55							
38	33	34	35	36	37	39	40	43	44	47	49	51	55								
39	34	35	36	37	38	41	41	44	46	50	50	55									
40	35	36	37	39	40	43	43	47	49	53	55										
41	35	36	38	40	41	44	45	49	50	55											
42	36	37	39	41	42	45	47	50	52	55											
43	37	38	40	42	44	47	49	53	55												
44	38	39	41	44	45	49	52	55													
45	38	40	42	45	47	50	54	55													
46	39	41	43	45	49	51	55														
47	40	42	44	47	51	54	55														
48	41	43	45	49	53	55															
49	42	45	47	50	54	55															
50	42	45	48	50	55																

Fuente: (Stedman, 1979)

Luego calcule cuánto tiene que sumarle o restarle al valor de la sensación térmica, de acuerdo a la velocidad del viento en la siguiente tabla.

Tabla 7. Velocidad del viento

Temperatura (°C)	Velocidad del viento menor a 12,5 km/h	Velocidad del viento entre 12,5 y 21,5 km/h	Velocidad del viento entre 21,5 y 36 km/h	Velocidad del viento entre 36 y 50 km/h	Velocidad de viento superior a 50 km/h
20	0	-1	-3	-4	-4
21	0	-1	-3	-4	-4
22	0	-1	-2	-3	-4
23	0	-1	-2	-3	-4
24	0	-1	-2	-3	-4
25	0	-1	-2	-3	-4
26	0	-1	-2	-3	-3
27	0	-1	-2	-3	-3
28	0	-1	-2	-3	-3
29	0	0	-1	-2	-3
30	0	0	-1	-2	-2
31	0	0	-1	-2	-2
32	0	0	-1	-1	-1
33	0	0	0	-1	-1
34	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	+1
36	0	0	0	+1	+1
37	0	0	0	+1	+2
38	0	0	0	+1	+2
39	0	0	+1	+2	+2
40	0	0	+1	+2	+3
41	0	0	+1	+2	+3
42	0	0	+1	+2	+3
43	0	0	+1	+2	+3
44	0	0	+1	+2	+3
45	0	0	+1	+2	+3
46	0	0	+1	+2	+3
47	0	0	+1	+2	+3
48	0	0	+1	+2	+3
49	0	0	+1	+2	+3
50	0	0	0	+2	+3

Fuente: (Stedman, 1979)

Analizamos el resultado final en la siguiente tabla.

Tabla 8. Efectos provocados por el calor

Categoría del peligro	Sensación Térmica ST en °C	Síndrome provocado por el calor
IV extremo peligro	$ST \geq 55$	Golpe de calor, insolación inminentes
III Peligro	$40 \leq ST \leq 55$	Insolación, golpe de calor, calambres, muy posibles por exposición prolongada o actividad física
II Precaución Extrema	$32 \leq ST \leq 40$	Insolación, golpe de calor, calambres, posibles por exposición prolongada o actividad física
I Precaución	$27 \leq ST \leq 32$	Posible fatiga por exposición prolongada o actividad física

Fuente: (Stedman, 1979)

2.5 Asociación americana de aire acondicionado y refrigeración (ASHRAE)

Fundada en 1894, ASHRAE es una asociación de tecnología para edificios con más de 56.000 miembros mundialmente. La asociación y sus miembros se enfocan en los sistemas de edificios, la eficiencia energética, la calidad del aire interior y la sostenibilidad dentro de la industria.

A través de la investigación, la redacción de normas, la publicación y la educación continuas, ASHRAE da forma hoy al entorno construido de mañana. ASHRAE fue concebida en 1959 como la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado, debido a la fusión de la Sociedad de Ingenieros de Calefacción y Aire Acondicionado (ASHAE) fundada en 1894, y la Sociedad Americana de Ingenieros de Refrigeración (ASRE) fundada en 1904. (ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers), 2015)

2.5.1 Tasas de flujo de calor. Los materiales utilizados para la construcción, tales como ladrillo, vidrio, estructura metálica, entre otros, tienen propiedades térmicas que facilitan o impiden la transmisión de calor desde un lugar a otro. (American Society of Heating, 2009)

La propiedad que nos indica la capacidad de conducir energía térmica se la conoce como conductividad térmica (k) cuyas unidades (en el sistema ingles) son $\frac{Btu \cdot in}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$ o $\frac{Btu}{h \cdot ft \cdot ^\circ F}$ si se conoce el espesor nominal material (American Society of Heating, 2009)

La conductancia es un valor más específico de cada aplicación ya que toma en cuenta el espesor del material así, a continuación la ecuación conductancia térmica de un material:

$$C = \frac{k}{L} \quad (1)$$

C= conductancia

L=espesor (en pulgadas) del material en cuestión

La resistencia térmica (R), se la obtiene con el recíproco de la conductancia. Es un valor muy importante ya que, haciendo la analogía con un circuito eléctrico cuando se obtienen varias capas en una estructura, la resistencia térmica total es la suma de las resistencias parciales (como un circuito en serie).

De esta forma, para cualquier estructura compuesta, se tiene la ecuación de resistencia total de una estructura compuesta. (Hadzich, 2006)

$$R_{total} = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i \quad (2)$$

El factor U o la conductividad total, es el recíproco de la resistencia térmica total. Permite establecer la capacidad que tiene la estructura, en conjunto, para transmitir el calor entre dos ambientes con temperaturas diferentes. En unidades inglesas, se mide en $\frac{Btu}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$ (Hadzich, 2006).

La transmisión de calor se calcula a partir del factor U de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

Q= calor transmitido $\frac{Btu}{h}$

U= conductividad total del material $\frac{Btu}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$

A= área de transmisión (plano perpendicular a la dirección de flujo de calor) ft^2

ΔT = diferencia de temperatura entre los dos ambientes $^\circ F$

2.5.2 *Métodos de cálculo para la carga de enfriamiento.* En 1967, ASHRAE dio a conocer un método que utiliza un diferencial de valores equivalentes de temperatura y un sistema de promedio de tiempo (TETD/TA) para calcular las cargas de enfriamiento de un espacio a acondicionar.

Este método; método del tiempo promedio, calcula las ganancias de todas las fuentes de calor para conseguir una sola ganancia de calor instantáneo del espacio a acondicionar, es decir convierte la carga de enfriamiento de un espacio mediante el uso de factores de ponderación, que representan la influencia de almacenamiento térmico del edificio.

Por lo general este método es difícil y tedioso para los usuarios, pero ofrece a usuarios experimentados la capacidad de analizar efectos de almacenamiento térmico y efectos de sombreado externo sobre la carga de enfriamiento (American Society of Heating, 2009)

El método de función de transferencia (TFM) fue introducido en la ASHRAE en 1972, y aproxima el planteamiento de balance de calor como concepto fundamental en el cálculo de la carga de enfriamiento. Este método no solo determina la carga de enfriamiento del espacio a acondicionar, sino que también evalúa la tasa en la que el calor es removido del espacio a acondicionar, la temperatura del espacio y el tipo de unidad de refrigeración que se utiliza. Este método es muy complejo por las relaciones matemáticas que utiliza en los códigos de computadora. (American Society of Heating, 2009)

El siguiente método reconocido por la ASHRAE, es un proceso que utiliza la diferencia de temperatura de una carga de enfriamiento (CLTD), la combinación de los factores de carga de enfriamiento (CLF), o una combinación de ambos para cada componente de carga de un espacio a acondicionar. El método (CLTD/CLF); cargas por temperatura diferencial y factores de carga de enfriamiento, se encuentra al alcance para el cálculo de cargas de enfriamiento de zonas residenciales y edificios (American Society of Heating, 2009)

El método CLTD/CLF calcula la carga de enfriamiento para techos y paredes mediante la ecuación básica:

$$Q = U * A * \Delta T \quad (4)$$

Q= calor transmitido $\frac{Btu}{h}$

U= conductividad total del material $\frac{Btu}{h*ft^2*°F}$

A= área de transmisión (plano perpendicular a la dirección de flujo de calor) Ft^2

ΔT = diferencia de temperatura incluido el calor CLTD de tablas para la corrección °F

2.5.2.1 Método seleccionado. En el presente proyecto de titulación se desarrolló un proceso de cálculo de cargas térmicas que son utilizadas para la implementación de un sistema de aire acondicionado en el laboratorio de computación 1 de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH. El método que se selecciono es el cálculo de cargas por temperatura diferencial y factores de carga de enfriamiento (CLTD/CLF). Este método considera los coeficientes de transferencia de calor de cada uno de los materiales del laboratorio de computación 1, diferencias de temperatura y su efecto en la carga de enfriamiento en el espacio a acondicionar.

2.6 Medición de temperatura

La temperatura de un cuerpo produce diversas manifestaciones en él que guardan estrecha relación con el valor de esta. Determinando las magnitudes de estas manifestaciones con algún instrumento de medición podemos conocer de manera indirecta el valor de la temperatura del cuerpo. Este instrumento se llama termómetro. (National Instruments Temperatura). Los termómetros deben estar en la zona de medición el tiempo necesario para que alcancen el valor de la temperatura a medir y su influencia en el medio debe ser lo suficientemente pequeña para que no cambien de manera notable esta temperatura. (National Instruments Temperatura)

2.6.1 Escalas de temperatura. La temperatura se mide en grados, y hay varias escalas, las dos más usadas son:

- Escala Celsius (o centígrada); utilizada en el Sistema Internacional de Unidades.
- Escala Fahrenheit; utilizada por el Sistema Inglés de Unidades.

2.6.2 Termómetros. En general los termómetros pueden clasificarse en dos grupos:

- Termómetros de contacto; que son aquellos cuyo elemento sensor está en contacto íntimo o colocado dentro del mismo ambiente que el cuerpo cuya temperatura se quiere conocer. (National Instruments Temperatura)
- Termómetros sin contacto; que funcionan midiendo algún parámetro a distancia del cuerpo. (National Instruments Temperatura)

2.6.3 *Termómetro infrarrojo con laser.* Este instrumento es un termómetro digital infrarrojo portátil, fácil de usar, de tamaño compacto, diseñado para una operación simple con una sola mano. El medidor tiene una pantalla LCD con luz de fondo, función de auto-bloqueo y auto-apagado (Aprox. 10 segundos) después de soltar el gatillo para extender la duración de la batería. (VETO Medicion y control, 2011)

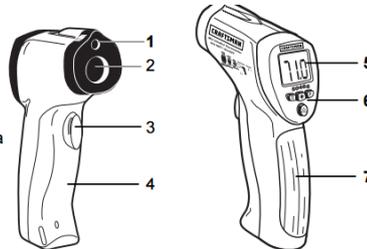
Figura 6. Termómetro infrarrojo



Fuente: (VETO Medicion y control, 2011)

Figura 7. Descripción del Termómetro infrarrojo

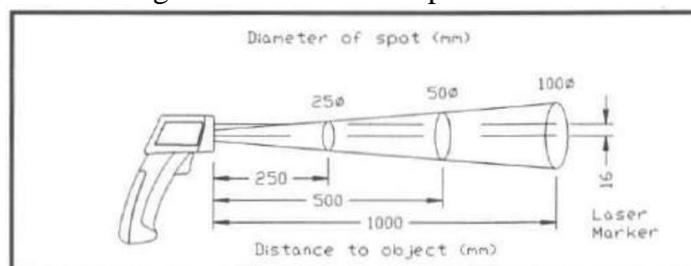
1. Puntero láser
2. Sensor infrarrojo
3. Gatillo medidor
4. Compartimento de batería
5. Pantalla LCD
6. Botones de función
7. Empuñadura del mango



Fuente: (VETO Medicion y control, 2011)

2.6.4 *Campo de visión.* El campo de visión del medidor es de 8:1. Por ejemplo, si el medidor está a 30 cm (16") del objeto (punto), el diámetro del objeto debe ser cuando menos 5 cm (2"). El medidor puede tomar medidas a mayor distancia, sin embargo, la medida puede ser afectada por fuentes externas de iluminación. (VETO Medicion y control, 2011)

Figura 8. Diámetro del punto medio



Fuente: (VETO Medicion y control, 2011)

El Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), nos menciona que los certificados de calibración pueden ser proporcionados:

- Fabricante del Instrumento
- Instituto Nacional de metodología
- Laboratorio Acreditado por parte de un Organismo de Acreditación reconocido.

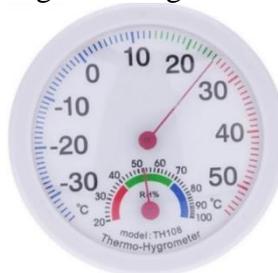
2.7 Humedad relativa

La humedad es la cantidad de agua, vapor de agua o cualquier otro líquido que está presente en la superficie o el interior de un cuerpo o en el aire. (Humedad, 2013)

La humedad relativa es la relación entre la cantidad de vapor de agua que tiene una masa de aire y la máxima que podría tener. (Humedad, 2013)

2.7.1 El higrómetro. El higrómetro es un instrumento que determina la cantidad de humedad relativa que hay presente en el aire atmosférico. Los resultados de las mediciones se expresan como un porcentaje (%), pudiendo oscilar entre 0 y 100%. Esta cantidad de humedad relativa se expresa como la proporción de la cantidad de vapor de agua presente en el aire, en relación con la cantidad de agua que lo saturaría a una temperatura determinada. (Humedad, 2013)

Figura 9. Higrómetro



Fuente: (Humedad, 2013)

Se pueden clasificar los distintos tipos de higrómetros atendiendo a distintas variables:

- Por su funcionamiento: condensación, pelo, eléctrico o por sensores
- Por su uso: mediciones en materiales, mediciones de la humedad ambiental
- Por la manera de presentar los datos: analógico o digital

El funcionamiento de un higrómetro se basa en la presencia de materias muy higroscópicas (usualmente el cloruro de litio) mezcladas con agua, que al absorber la humedad se dilatan. En los eléctricos, unos electrodos emiten corrientes que hacen que se caliente todo el conjunto y se evapore el agua, absorbiéndola el material higroscópico dilatándose y cambiando de volumen. (Humedad, 2013)

CAPITULO III

3. SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

3.1 Parámetros de selección

Para calcular la Carga de Enfriamiento de un espacio, se requiere información detallada del laboratorio que deseamos climatizar.

Los siguientes parámetros influyen en nuestros cálculos:

- **Orientación del aula:** Localización del espacio que vamos a acondicionar con respecto al sol y los efectos del viento; superficies reflexivas, sombra debido a estructuras adyacentes.
- **Uso del Espacio y Dimensiones:** Tipo de Actividad que ejercen las personas en el espacio, dimensiones físicas de las paredes, pisos, losas, largo, ancho y altura.
- **Materiales de Construcción:** Materiales de construcción, paredes, techo y pisos.
- **Ventanas y Puertas:** Dimensiones y localización, marco de madera o metal, tipo de vidrio, etc.
- **Rutina de operación:** Información sobre una rutina de iluminación, personas, equipo interno, aplicaciones y procesos que contribuyen a incrementar la Carga Térmica.

3.2 Variables de diseño

En el estudio realizado se reconocen la importancia de una variable clave en el cálculo de cargas térmicas la misma que nos permite dimensionar el equipo de acondicionamiento de aire necesario para el laboratorio de cómputo.

Humedad relativa: Es la relación entre la cantidad de vapor de agua que tiene una masa de aire y la máxima que podría tener.

Temperatura: Es la capacidad térmica de calor del laboratorio de computación I.

3.3 Selección del equipo

Para la selección del equipo de sistema de aire acondicionado, es necesario realizar los cálculos respectivos en base a la situación actual del laboratorio objeto de estudio.

3.3.1 *Cálculo de sensación térmica por efecto de calor y humedad.* Toma de datos en el laboratorio de computación 1 de la Escuela de Ingeniería industrial, se realizó mediciones en la mañana y tarde, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 9. Toma de datos de la situación actual del laboratorio de computación

Temperatura °C	Humedad Relativa %	Velocidad del Aire (m/s)
28,7	55	0,5
27,7	55	0,5
33	55	0,5
30,8	55	0,5
32,5	55	0,5
28,9	55	0,5
27,7	55	0,5
27 ,1	55	0,5
<i>Promedio T = 29,55</i>	<i>Promedio H = 55</i>	<i>Promedio V = 0,5</i>

Fuente: Autores

Figura 10. Toma de datos



Fuente: Autores

El Real Decreto 486/1997, la normativa nos dice que la humedad relativa se mide con un higrómetro (aunque, normalmente se utiliza un aparato combinado que mide a la vez temperatura y humedad) y se expresa en %. Debe estar entre los parámetros:

Tabla 10. Parámetros de la humedad relativa

Con carácter: 30 – 70 %
Con riesgo de electricidad estática: 50 – 70 %

Fuente: (486/1997, 2011)

El Real Decreto 486/1997, la normativa nos dice que la velocidad del aire, se mide con un anemómetro y se expresa en metros por segundo (m/s), pero a continuación indicamos los siguientes valores según el tipo de ambiente en el que nos encontremos: (486/1997, 2011)

Tabla 11. Velocidad del aire según el tipo de ambiente

Ambientes no calurosos: 0,25 m/s
Ambientes calurosos, con trabajo sedentario: 0,5 m/s
Ambientes calurosos, con trabajo no sedentario: 0,75 m/s
Atención: que ambiente caluroso se considera que supera los 27 °C

Fuente: (486/1997, 2011)

Los resultados de la situación actual Laboratorio de Computación, se representa en la tabla a continuación:

Tabla 12. Resultados de situación actual Laboratorio de Computación

Temperatura = 30 °C
Humedad Relativa 55%
Velocidad del Aire 0,5m/s

Fuente: Autores

Estos datos serán analizados por el método de Stedman, para analizar la sensación térmica de los usuarios.

Tomando en cuenta los datos de humedad y temperatura, vamos a la tabla 6 de sensación térmica.

Tenemos el valor de sensación térmica:

$$ST=32$$

A continuación en la tabla 7 de velocidad del viento en base a la temperatura, sumamos o restamos el valor encontrado de sensación térmica.

Mediante la comparación de la temperatura y velocidad del viento tenemos que el incremento al valor de sensación térmica es de 0, y procedemos a ver los efectos del calor sobre las personas que desarrollan actividades dentro de esas condiciones, en la tabla de efectos provocados por el calor:

Tabla 13. Efectos provocados por el calor

Categoría del peligro	Sensación Térmica ST en °C	Síndrome provocado por el calor
I Precaución	$27 \leq ST \leq 32$	Posible fatiga por exposición prolongada o actividad física

Fuente: (Stedman, 1979)

Las condiciones del laboratorio se encuentran en un nivel I de precaución donde se tiene posibles fatigas por exposición prolongada, y al tener un uso mínimo de 2 horas continuas del laboratorio de computo se tiene una exposición prolongada a dichas condiciones por parte de los estudiantes y docentes que desempeñan actividades de enseñanza – aprendizaje.

3.3.2 *Cargas internas.* También conocidas como cargas térmicas, son la cantidad de energía que se requiere vencer en un área para mantener determinadas condiciones de temperatura y humedad. Las cargas internas se expresan en BTU pero la unidad utilizada comercialmente relaciona unidad de tiempo, es decir: $\frac{BTU}{Hora}$ (American Society of Heating, 2009)

3.3.2.1 *Luces.* Las luminarias corresponden a una fuente adicional de calor sensible, este calor se emite al ambiente mediante convección, radiación y conducción. Solo una pequeña fracción de calor emitido por radiación es absorbida por los materiales que rodean la luminaria y el calor remanente es contribuido al ambiente a través de radiación y convección.

La pérdida por radiación es absorbida por las paredes, pisos, muebles y la pérdida por convección es una contribución directa a la ganancia de calor del local (American Society of Heating, 2009).

Dentro del laboratorio de computación 1 existe luminarias fluorescentes y estas transforman un 25% de la energía absorbida en luz, mientras que el otro 25% se disipa en radiación hacia las paredes y el resto en conducción y convección (Tecnica Industrial, 2010)

La carga por iluminación dentro del laboratorio, es un importante componente de la carga de enfriamiento. Este componente de carga es difícil de calcular debido a que el almacenamiento de calor debido a la luminaria puede ser muy diferente en un momento dado a la tasa de carga de enfriamiento de la luminaria. (American Society of Heating, 2009).

La fuente primaria de calor de la luminaria proviene de elementos emisores de luz, por ejemplo las lámparas. El calor adicional puede ser generado a partir de los balastos y como accesorios propios de las luminarias.

La carga térmica en cualquier instante de tiempo debido a la luminaria se calculó a través de:

$$Q = HG * CLF \quad (5)$$

Q= carga por iluminación (Btu/hora)

HG= Ganancia de calor por luz

$$HG = 3,41 * W * Ful * Fsa \quad (6)$$

W= Potencia de la lámpara (watts)

Ful= Factor de uso lumínico

Fsa= Factor de permisibilidad lumínico

CLF= Factor lumínico de carga de enfriamiento

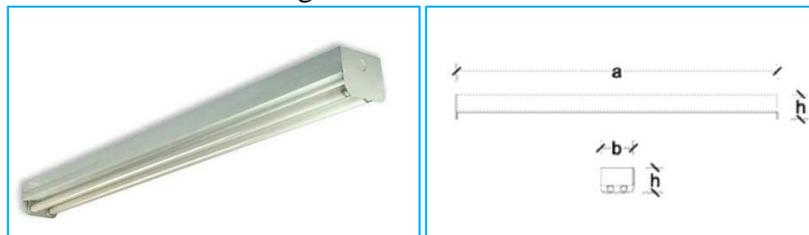
La potencia total de luz (W) se obtuvo a partir de la cantidad total de luces instaladas para el laboratorio de computación 1 se encontró:

- 12 Luminarias de 40W de potencia cada una.

El factor de uso Lumínico (Ful) es la proporción de potencia en uso, para las condiciones sobre las cuales se estimó la carga de luminaria y la potencia instalada para aplicaciones como las del Laboratorio de computación 1 de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH el factor que se utilizó y recomendó por la ASHRAE ES 1.0 (American Society of Heating, 2009).

El factor de permisibilidad lumínico (Fsa) es la relación entre el consumo de energía y el valor nominal de consumo de energía de las lámparas. Para las luces incandescentes, este factor es 1. Para las luces fluorescentes, el factor de permisibilidad lumínico difiere. En el caso del laboratorio se utilizó un valor recomendado por el manual de aire acondicionado una aplicación de la termodinámica es de 1,15 para lámparas de 40W con componentes magnéticos.

Figura 11. Luminarias



Fuente: Autores

Medidas

a= 1.20m

h=2-6 cm

Potencia= 40Watts c/u

Tabla 14. Fuente Aire acondicionado una aplicación de la termodinámica

FACTORES DE AJUSTE (F _{sa}) PARA ILUMINACIÓN TÍPICA							
Description	Balastro *	Potencia en vatios	Factor de ajuste (Fsa)	Description	Balastro	Potencia en vatios	Factor de ajuste (Fsa)
Bombillo Fluorescente				Sodio de alta presión			
Bombillo 5 W	Mag	5	1.80	Lampara 100 W	HID	100	1.38
Bombillo 7 W	Mag	7	1.43	Lampara 150 W	HID	150	1.25
Bombillo 9 W	Mag	9	1.22	Lampara 200 W	HID	200	1.25
Bombillo 13 W	Mag	13	1.31	Lampara 250 W	HID	250	1.18
Bombillo 26 W	Mag	26	1.04	Lampara 310 W	HID	310	1.18
Tubo Fluorescente				Lampara 360 W	HID	360	1.15
lam para 1 tubos 18 pulg.	Mag	15	1.27	Lampara 400 W	HID	400	1.16
lam para 2 tubos 18 pulg.	Mag	30	1.20	Lampara 1000 W	HID	1,000	1.10
lam para 1 tubos 24 pulg.	Mag	17	1.41	Metal Halide Fixtures			
lam para 2 tubos 24 pulg.	Mag	40	1.40	Lampara 35 W	HID	32	1.34
lam para 1 tubos 36 pulg.	Mag	30	1.53	Lampara 50 W	HID	50	1.44
lam para 2 tubos 36 pulg.	Mag	60	1.35	Lampara 70 W	HID	70	1.36
lam para 1 tubos 48 pulg.	Mag	40	1.38	Lampara 100 W	HID	100	1.28
lam para 2 tubos 48 pulg.	Mag	80	1.15	Lampara 150 W	HID	150	1.27
lam para 3 tubos 48 pulg.	Mag	120	1.17	Lampara 175 W	HID	175	1.23
lam para 4 tubos 48 pulg.	Mag	160	1.15	Lampara 250 W	HID	250	1.18
lam para 1 tubos 60 pulg.	Mag	50	1.26	Lampara 400 W	HID	400	1.15
lam para 2 tubos 60 pulg.	Mag	100	1.28	Lampara 400 W, doble	HID	800	1.15
lam para 1 tubos 72 pulg.	Mag	55	1.38	Lampara 750 W	HID	750	1.13
lam para 2 tubos 72 pulg.	Mag	110	1.11	Lampara 1000 W	HID	1,000	1.08
lam para 3 tubos 72 pulg.	Mag	165	1.22	Lampara 1500 W	HID	1,500	1.07
lam para 4 tubos 72 pulg.	Mag	220	1.11				
Fluorescente Circular				Vapor de mercurio			
6 pulg. Diámetro	Mag	20	1.25	Lampara 40 W	HID	40	1.25
8 pulg. Diámetro	Mag	22	1.18	Lampara 50 W	HID	50	1.48
8 pulg. Diámetro (doble)	Mag	44	1.18	Lampara 75 W	HID	75	1.24
12 pulg. Diámetro	Mag	32	0.97	Lampara 100 W	HID	100	1.25
12 pulg. Diámetro (doble)	Mag	64	0.97	Lampara 175 W	HID	175	1.17
16 pulg. Diámetro	Mag	40	0.88	Lampara 250 W	HID	250	1.16
Sodio de alta presión				Lampara 400 W	HID	400	1.14
Lampara 35 W	HID	35	1.31	Lampara 400 W, doble	HID	800	1.14
Lampara 50 W	HID	50	1.32	Lampara 1700 W,	HID	1,700	1.11
Lampara 70 W	HID	70	1.36	Lampara 1000 W	HID	1,000	1.08

* Mag = ELECTROMAGNETICO; HID = ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA (high-intensity discharge)

Fuente: ASHRAE Fundamentals

El factor lumínico de carga de enfriamiento (CLFel) se obtuvo a partir de la tabla de la ASHRAE “factor de carga de enfriamiento para luminarias”. El laboratorio de computación 1 de La Escuela de Ingeniería Industrial tiene una clasificación de zona C, que se obtuvo a partir de la tabla 9-4 de la ASHRAE Fundamentals 2000 “Tipos de Zona para uso de tablas con SCL, CFL, y edificios”, a partir de esta designación de Zona se obtuvo en la Tabla 10.1 un valor de 0,83 (American Society of Heating, 2009).

Tabla 15. Tipos de Zona para uso de tablas con SCL, CLF, y edificios.

Zone Parameters*				Zone Type			Error Band	
No. Walls	Floor Covering	Partition Type	Inside Shade	Glass Solar	People and Equipment	Lights	Plus	Minus
1 or 2	Carpet	Gypsum	1	A	E	F	5	1
1 or 2	Carpet	Concrete block	1	E	C	C	5	1
1 or 2	Vinyl	Gypsum	Full	E	C	C	5	1
1 or 2	Vinyl	Gypsum	Half to None	C	C	C	16	1
1 or 2	Vinyl	Concrete block	Full	C	E	E	8	1
1 or 2	Vinyl	Concrete block	Half to None	E	E	E	16	1
3	Carpet	Gypsum	1	A	F	F	5	1
3	Carpet	Concrete block	Full	A	E	E	5	1
3	Carpet	Concrete block	Half to None	E	E	E	5	1
3	Vinyl	Gypsum	Full	E	C	C	5	1
3	Vinyl	Gypsum	Half to None	C	C	C	16	1
3	Vinyl	Concrete block	Full	E	C	C	5	1
3	Vinyl	Concrete block	Half to None	C	C	C	16	1
4	Carpet	Gypsum	1	A	F	F	6	1
4	Vinyl	Gypsum	Full	E	C	C	1	1
4	Vinyl	Gypsum	Half to None	C	C	C	15	1

*A total of 14 zone parameters is fully defined in Table 20. Those not shown in this table were selected to achieve the minimum error band shown in the righthand column for Solar Cooling. Load (SCL). The error band for Lights and People and Equipment is approximately 10%. The effect of inside shade is negligible in this case.

Fuente: (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2000)

Tabla 16. Factor de carga de enfriamiento para

Lights On For	Number of Hours after Lights Turned On																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Zone Type A																									
8	0.85	0.92	0.95	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.13	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
10	0.85	0.93	0.95	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.14	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
12	0.86	0.93	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.14	0.07	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
14	0.86	0.93	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.15	0.07	0.05	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
16	0.87	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.15	0.08	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
Zone Type B																									
8	0.75	0.85	0.90	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.22	0.12	0.08	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
10	0.75	0.86	0.91	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.24	0.13	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
12	0.76	0.86	0.91	0.93	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.24	0.14	0.05	0.07	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
14	0.76	0.87	0.92	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.25	0.14	0.05	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03
16	0.77	0.88	0.92	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.25	0.15	0.10	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
Zone Type C																									
8	0.72	0.80	0.84	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.23	0.15	0.11	0.05	0.08	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02
10	0.73	0.81	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.25	0.16	0.13	0.11	0.05	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
12	0.74	0.82	0.86	0.88	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.26	0.18	0.14	0.12	0.10	0.05	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05
14	0.75	0.84	0.87	0.89	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.27	0.15	0.12	0.12	0.11	0.10	0.05	0.08	0.08	0.07	0.07
16	0.77	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.93	0.94	0.95	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.28	0.20	0.16	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09

Fuente: (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2000)

Por consiguiente para los equipos de iluminación de la biblioteca se utilizó los siguientes valores recomendados por la ASHRAE:

Tabla 17. Descripción de Factores de luminarias

Numero de luminarias	12
Ful	1
Fsa	1,15
CLFel	0,89
W	40

Fuente: Autores

Se calculó la carga térmica total debido a la luminaria considerando la cantidad total de luces en el laboratorio de computación 1 con sus respectivos factores antes descritos y recomendados por la ASHRAE. La carga térmica debido a la iluminaria dentro del laboratorio de computación 1 de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH es:

Tabla 18. Cálculo de carga térmica total de luminarias

Numero de luminarias	12
Ful	1
Fsa	1,15
CLFel	0,89
W	40
Constante	3,41
Calculo del HG (c/u lampara)	
HG	156,86
Calculo de la Carga termica por lampara	
Q	139,6054

Fuente: Autores

Carga térmica Generada por las Luminarias en Btu/h: 1675,648

3.3.2.2 Personas. De acuerdo a la actividad que realice una persona dentro de un establecimiento se pueden encontrar diferentes estados de metabolismo del cuerpo que resultan completamente en calor y que deben ser continuamente disipados y regulados para mantener una temperatura normas del cuerpo humano. Un adulto en reposo produce aproximadamente 390 Btu/hora de calor, y debido a que la mayor cantidad de este calor es transferido al ambiente es conveniente caracterizar el metabolismo humano en términos de producción de calor sensible y latente dependiendo de los diferentes estados de actividad del cuerpo humano (American Society of Heating, 2009).

El calor sensible transferido por medio de una persona a la carga térmica de un establecimiento, se encuentra afectado por las condiciones térmicas propias del establecimiento dado que un porcentaje del calor sensible es energía radiante El calor sensible es el calor que se puede sentir o palpar, se lo puede detectar con un termómetro y es aquel calor transferido directamente al espacio acondicionado por medio de conducción, radiación y convección.

La carga térmica sensible por personas se calcula a través:

$$Q = N * SHGp * CLFp \quad (7)$$

Q= Es la carga térmica sensible por personas (BTU/H)

N= Es el número de personas en el edificio

SHGp= Es calor sensible emitido por la persona en una actividad específica

CLFp= Factor de carga de enfriamiento por persona

El calor latente es considerado usualmente instantáneo, es calor invisible que no se puede detectar con un termómetro (American Society of Heating, 2009). La carga térmica latente por personas se calculó a través:

$$Q = N * LNGp \quad (8)$$

Q= Es la carga térmica latente por persona (Btu/hora)

N=Número de personas en el interior del edificio

LNGp= Es la ganancia de calor por persona

En el Laboratorio de computación 1 se calcula el calor total de los ocupantes a partir del máximo de personas que ocupan el laboratorio, es decir se consideró los diferentes horarios de ocurrencia al laboratorio de computación, mediante porcentaje de horas laboradas al día en el laboratorio de computo 1

Tabla 19. Calculo del porcentaje de uso del laboratorio de acuerdo al horario

USO DEL LABORATORIO DE COMPUTACION 1 DE LA ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL					
SEGÚN HORARIO DE CLASES ESTIPULADO PARA EL PERIODO OCTUBRE 2016 - FEBRERO 2017					
HORARIO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
07H00-09h00	Programacion 1	Programacion 2	Programacion 2		
09h00-11h00		Progamacion 1		Programacion 2	Programacion 2
11h00-13h00			Programacion 1		Programacion 1
14h00-16h00	Simulacion				
16h00-18h00					Simulacion
18h00-20h00					
% utilizacion	33,33333333	33,33333333	33,33333333	16,66666667	50
		Horas laboradas al dia	Porcentaje		
		4 Horas	33,33%		
		2 horas	16,66%		
		6 horas	50%		

Fuente: Autores

El factor de carga de enfriamiento por persona (CLFp) se obtuvo de la tabla 18 Factor de carga de enfriamiento para personas. El laboratorio tiene una clasificación C para personas.

A partir de esta designación se obtuvieron de la tabla 16 para los horarios de concurrencia.

Tabla 20. Factor de carga de enfriamiento para personas y equipos

Hours in Space	Number of Hours after Entry into Space or Equipment Turned On																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Zone Type A																								
2	0.75	0.88	0.18	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.75	0.88	0.93	0.95	0.22	0.10	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.75	0.88	0.93	0.95	0.97	0.97	0.23	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.75	0.88	0.93	0.95	0.97	0.97	0.98	0.98	0.24	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
10	0.75	0.88	0.93	0.95	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.24	0.12	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
12	0.75	0.88	0.93	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.25	0.12	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
14	0.76	0.88	0.93	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.12	0.07	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01
16	0.76	0.89	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.12	0.07	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02
18	0.77	0.89	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.12	0.07	0.05	0.03	0.03	0.03
Zone Type B																								
2	0.65	0.74	0.16	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.65	0.75	0.81	0.85	0.24	0.17	0.13	0.10	0.07	0.06	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.65	0.75	0.81	0.85	0.89	0.91	0.29	0.20	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
8	0.65	0.75	0.81	0.85	0.89	0.91	0.93	0.95	0.31	0.22	0.17	0.13	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
10	0.65	0.75	0.81	0.85	0.89	0.91	0.93	0.95	0.96	0.97	0.33	0.24	0.18	0.14	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
12	0.66	0.76	0.81	0.86	0.89	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.34	0.24	0.19	0.14	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02
14	0.67	0.76	0.82	0.86	0.89	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.35	0.25	0.19	0.15	0.11	0.09	0.07	0.05	0.04
16	0.69	0.78	0.83	0.87	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.35	0.25	0.19	0.15	0.11	0.09	0.07	0.05
18	0.71	0.80	0.85	0.88	0.91	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	0.35	0.25	0.19	0.15	0.11	0.09	0.07
Zone Type C																								
2	0.60	0.68	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.60	0.68	0.74	0.79	0.23	0.18	0.14	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6	0.61	0.69	0.74	0.79	0.83	0.86	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
8	0.61	0.69	0.75	0.79	0.83	0.86	0.89	0.91	0.32	0.26	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
10	0.62	0.70	0.75	0.80	0.83	0.86	0.89	0.91	0.92	0.94	0.35	0.28	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
12	0.63	0.71	0.76	0.81	0.84	0.87	0.89	0.91	0.93	0.94	0.37	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
14	0.65	0.72	0.77	0.82	0.85	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.37	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
16	0.68	0.74	0.79	0.83	0.86	0.89	0.91	0.92	0.94	0.95	0.37	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
18	0.72	0.78	0.82	0.85	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.37	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03

. Fuente: (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2000)

Tabla 21. Factor CLFp (Carga de enfriamiento por persona)

Porcentaje	Tiempo horas	CLFp
16,66	2	0,68
33,33	4	0,79
50%	6	0,86

Fuente: Autores

La mayor cantidad de actividades dentro del laboratorio son de enseñanza – aprendizaje, las cuales se las realiza sentada.

De acuerdo a la tabla de la ASHRAE Handbook 2009 Calor Ganado por medio de personas dentro de un establecimiento, se obtuvo los correspondientes valores.

Tabla 22. Contribución de calor de personas por establecimiento

Degree of Activity	Location	Total Heat, Btu/h		Sensible Heat, Btu/h	Latent Heat, Btu/h	% Sensible Heat that is Radiant ^b	
		Adult Male	Adjusted, M/F ^a			Low V	High V
Seated at theater	Theater, matinee	390	330	225	105		
Seated at theater, night	Theater, night	390	350	245	105	60	27
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	450	400	245	155		
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	475	450	250	200		
Standing, light work; walking	Department store; retail store	550	450	250	200	58	38
Walking, standing	Drug store, bank	550	500	250	250		
Sedentary work	Restaurant ^c	490	550	275	275		
Light bench work	Factory	800	750	275	475		
Moderate dancing	Dance hall	900	850	305	545	49	35
Walking 3 mph; light machine work	Factory	1000	1000	375	625		
Bowling ^d	Bowling alley	1500	1450	580	870		
Heavy work	Factory	1500	1450	580	870	54	19
Heavy machine work; lifting	Factory	1600	1600	635	965		
Athletics	Gymnasium	2000	1800	710	1090		

Fuente: (American Society of Heating, 2009)

Tenemos la carga térmica por personas:

- Ganancia Calor Latente (Btu/h)= 200
- Ganancia Calor Sensible (Btu/h)= 250

La carga debido a las personas dentro del laboratorio de computación 1 de la Escuela de Ingeniería Industrial es:

Tabla 23. Carga térmica total por personas

Factor de enfriamiento			
Porcentaje	Tiempo horas	CLFp	
16,66	2	0,68	
33,33	4	0,79	
50%	6	0,86	
	8	0,86	
	10	0,86	
FACTORES DE CALOR EMITIDO POR PERSONAS SEGÚN SU ACTIVIDAD			
Factor SHGp (BTU/H)	250		
Factor LNGp (BTU/H)	200		
CALCULO DE CALOR SENSIBLE		CALCULO DE CALOR LATENTE	
$Q = N * SHGp * CLFp$		$Q = N * LNGp$	
DATOS			
N	32	N	32
SHGp	250	LNGp	200
CLFp	0,86	Calor Total Latente	6400
Calor total Sensible	6880		
CARGA TERMICA TOTAL (BTU/H)			13280

Fuente: Autores

Tabla 24. Resumen de Carga térmica aportado por personas

Calor latente total	Calor Sensible Total	Calor Total	Btu/Hora
4960	6742	13280	

Fuente: Autores

3.3.2.3 Aplicaciones. Se estimó la carga de enfriamiento de las aplicaciones considerando la carga térmica total generada por todos los equipos del laboratorio de computación 1 de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH, dada la existencia de computadores, proyector, y otros, la carga de enfriamiento es muy subjetiva, además el funcionamiento de los equipos son establecidos propiamente por los usuarios y estos pueden cambiar de acuerdo a su necesidad.

La carga térmica sensible por aplicaciones se calculó a través:

$$Q = SHG * CLF \quad (9)$$

SHG= calor sensible ganado

CLF= factor de carga de enfriamiento por aplicaciones

La carga térmica para aplicaciones corresponde a una fuente adicional de calor sensible, este calor se emite al ambiente mediante convección y radiación.

La carga debido a las aplicaciones dentro del laboratorio es:

Tabla 25. Factores recomendados de calor ganado para equipos de computación.

Equipment	Description	Nameplate Power Consumption, W	Average Power Consumption, W
Desktop computer ^a	Manufacturer A (model A); 2.8 GHz processor, 1 GB RAM	480	73
	Manufacturer A (model B); 2.6 GHz processor, 2 GB RAM	480	49
	Manufacturer B (model A); 3.0 GHz processor, 2 GB RAM	690	77
	Manufacturer B (model B); 3.0 GHz processor, 2 GB RAM	690	48
	Manufacturer A (model C); 2.3 GHz processor, 3 GB RAM	1200	97
Laptop computer ^b	Manufacturer 1; 2.0 GHz processor, 2 GB RAM, 430 mm screen	130	36
	Manufacturer 1; 1.8 GHz processor, 1 GB RAM, 430 mm screen	90	23
	Manufacturer 1; 2.0 GHz processor, 2 GB RAM, 355 mm screen	90	31
	Manufacturer 2; 2.13 GHz processor, 1 GB RAM, 355 mm screen, tablet PC	90	29
	Manufacturer 2; 366 MHz processor, 130 MB RAM, 355 mm screen)	70	22
Flat-panel monitor ^c	Manufacturer 3; 900 MHz processor, 256 MB RAM (265 mm screen)	50	12
	Manufacturer X (model A); 760 mm screen	383	90
	Manufacturer X (model B); 560 mm screen	360	36
	Manufacturer Y (model A); 480 mm screen	288	28
	Manufacturer Y (model B); 430 mm screen	240	27
	Manufacturer Z (model A); 430 mm screen	240	29
	Manufacturer Z (model C); 380 mm screen	240	19

Fuente: (American Society of Heating, 2009)

Características del Infocus EPSON

PowerLite Pro G6150/G6550WU:

Modo Consumo eléctrico Normal: 528 W

Modo Consumo eléctrico ECO: 421 W

Figura 12. Proyector EPSON



Fuente: Autores

Tabla 26. Factor de carga de enfriamiento para personas y equipos

Hours in Space	Number of Hours after Entry into Space or Equipment Turned On																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Zone Type A																									
2	0.75	0.88	0.18	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.75	0.88	0.93	0.95	0.22	0.10	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.75	0.88	0.93	0.95	0.97	0.77	0.23	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.75	0.88	0.93	0.95	0.97	0.97	0.98	0.98	0.24	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.75	0.88	0.93	0.95	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.24	0.12	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
12	0.75	0.88	0.93	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.25	0.12	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
14	0.76	0.88	0.93	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	0.25	0.12	0.07	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
16	0.76	0.89	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.12	0.07	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
18	0.77	0.89	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.12	0.07	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
Zone Type B																									
2	0.65	0.74	0.16	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.65	0.75	0.81	0.85	0.24	0.17	0.13	0.10	0.07	0.06	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.65	0.75	0.81	0.85	0.89	0.21	0.29	0.20	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
8	0.65	0.75	0.81	0.85	0.89	0.21	0.93	0.95	0.31	0.22	0.17	0.13	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
10	0.65	0.75	0.81	0.85	0.89	0.21	0.93	0.95	0.96	0.97	0.33	0.24	0.18	0.14	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
12	0.66	0.76	0.81	0.86	0.89	0.22	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.34	0.24	0.19	0.14	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01
14	0.67	0.76	0.82	0.86	0.89	0.22	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.35	0.25	0.19	0.15	0.11	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02
16	0.69	0.78	0.83	0.87	0.90	0.22	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.35	0.25	0.19	0.15	0.11	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03
18	0.71	0.80	0.85	0.88	0.91	0.23	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.35	0.25	0.19	0.15	0.11	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03
Zone Type C																									
2	0.60	0.68	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.60	0.68	0.74	0.79	0.23	0.18	0.14	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6	0.61	0.69	0.74	0.79	0.83	0.86	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
8	0.61	0.69	0.75	0.79	0.83	0.86	0.89	0.91	0.32	0.26	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
10	0.62	0.70	0.75	0.80	0.83	0.86	0.89	0.91	0.92	0.94	0.35	0.28	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01
12	0.63	0.71	0.76	0.81	0.84	0.87	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.37	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03
14	0.65	0.72	0.77	0.82	0.85	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.38	0.30	0.25	0.20	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05
16	0.68	0.74	0.79	0.83	0.86	0.89	0.91	0.92	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.39	0.31	0.25	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08
18	0.72	0.78	0.82	0.85	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.39	0.31	0.26	0.21	0.17	0.14	0.11
Zone Type D																									

.Fuente: (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2000)

Tabla 27. Descripción de carga térmica de los equipos

EQUIPOS EN EL LABORATORIO DE COMPUTACION				
Descripción	Cantidad	Consumo Watts	Factor de Enfriamiento	Carga Total
Pcs	30	97	0,86	2502,6
Monitores	30	90	0,86	2322
Proyector	1	528	0,86	454,08
Laptop	1	31	0,86	26,66
			TOTAL	5305,34

Q (Btu/h) 5305,34

Fuente: Autores

3.3.2.4 Infiltraciones. Las infiltraciones son un aspecto a tomar en cuenta dentro de las cargas térmicas de un edificio. Las rendijas, apertura de puertas, ventoleras, entre otros. Para el cálculo de la carga que implican estos ítems, se desarrolló el método planteado por Carrier en donde se considera cada uno de estos elementos por separado y el número de usuarios por el edificio.

$$Q = 0,33 * V * \Delta T \quad (10)$$

Carga térmica sensible por infiltración

Siendo

V= Volumen de infiltración en m³/hora

ΔT = Diferencia de temperatura

$$Q = 0,84 * V * \Delta W \quad (11)$$

Carga térmica latente por infiltración

Siendo:

V = caudal de infiltraciones en m³/h.

ΔW = diferencia de las humedades relativas interior y exterior

Se hizo una aproximación del área total que se puede encontrar en el laboratorio de computación 1 de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH por rendijas y ventoleras. Para Ventanas tipo A se tiene un caudal de aire de 13,2 m³/h por metro cuadrado, teniendo un total de 18 m³/h.

Tabla 28. Infiltración Tabulada para ventanas

DESIGNACIÓN	m ³ /h POR m ² DE ABERTURA									
	Porcentaje de la superficie que puede ser abierta									
	0 %	25 %	33 %	40 %	45 %	50 %	60 %	66 %	75 %	100 %
Ventana tipo A	6,0	13,2	-	18,0	-	-	-	26,5	-	47,4
Ventana tipo B	-	7,1	-	-	-	10,0	13,5	-	-	11,5
Ventana tipo C	-	-	5,1	-	4,2	-	-	5,9	7,1	-
Ventana tipo D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventana tipo E	5,0	10,6	-	15,0	-	-	-	22,0	-	40,0

TABLA 41 b - VENTANAS DE GUILLOTINA ***

DESIGNACIÓN	m ³ /h POR m ² DE ABERTURA					
	Pequeña 75 x 180 cm			Grande 140 x 245 cm		
	Sin burlete de estanqueidad	Con burlete de estanqueidad	Doble ventana	Sin burlete de estanqueidad	Con burlete de estanqueidad	Doble ventana
Marco madera	7,8	4,8	4,0	5,0	3,1	2,6
Marco madera mal ajustado	22,0	6,8	11,0	14,0	4,4	7,0
Marco metálico	14,6	6,4	7,3	9,3	4,0	4,6



Fuente: (Carrier Air Conditioning Company, 1980)

Diferencia de temperatura

- Temp. Exterior =24,39
- Temp. Interior =32

- Calculo de carga sensible por infiltración

$$Q = 0,33 * V * \Delta T$$

$$V = (39,6) \frac{m^3}{h}$$

$$\Delta T = 32 - 24,39$$

$$\Delta T = 7,61$$

$$Q = 0,33 * 39,6 \frac{m^3}{h} * 7,61^\circ C$$

$$Q = 99,44 \text{ Btu/h}$$

Calor Sensible por Infiltración $\frac{\text{Btu}}{\text{Hora}}$: **99,44**

- Calculo de carga latente por infiltración

- H relativa exterior=94,5
- H relativa interior=55

$$Q = 0,84 * V * \Delta W$$

$$V = (39,6) \frac{m^3}{h}$$

$$\Delta W = 94,5 - 55$$

$$\Delta W = 39,5$$

$$Q = 0,84 * 39,6 \frac{m^3}{h} * 39,5^\circ C$$

$$Q = 1313,92 \text{ Btu/h}$$

Calor latente por Infiltración $\frac{Btu}{Hora}$: 1313,92

Carga térmica total $\frac{Btu}{Hora}$: 1413,37

3.3.3 Cargas externas. Dentro de las cargas externas, están considerados los aportes de paredes, techos y ventanas debido a la temperatura ambiente y a la radiación solar.

El laboratorio de computación 1 tiene características de estos tres elementos, por lo que vale la pena considerarlos.

3.3.3.1 Coeficiente Global de transferencia de calor U

$U = 1/R_t$, donde R_t es la resistencia total de la pared.

$R_t = R_{ex} + R_r + R_l + R_r + R_y + R_{in}$

$R_r =$ Resistencia del enlucido de cemento y arena.

$R_l =$ Resistencia del ladrillo.

Tabla 29. Valores de resistencia térmica para materiales aislantes

Posición del Espacio de aire	Dirección del flujo de calor	Espesor del espacio de aire plg	Resistencia térmica		
			Foil de aluminio brillante	Papel de aluminio pintado	No reflectivo
No 1 Superficie de aire quieta					
a Horizontal	Arriba		1.32	1.10	0.61
b Pendiente de 45	Arriba		1.37	1.14	0.62
c Vertical	Horizontal		1.70	1.35	0.68
d Pendiente de 45	Abajo		2.22	1.67	0.76
e Horizontal	Abajo		4.55	2.70	0.92
No 2 Espacio de aire					
a Horizontal	Arriba, invierno	3/4 - 4	2.06	1.62	0.85
b Horizontal	Arriba, verano	3/4 - 4	2.75	1.87	0.80
c Pendiente de 45	Arriba, invierno	3/4 - 4	2.22	1.71	0.88
d Vertical	Horizontal, invierno	3/4 - 4	2.62	1.94	0.94
e Vertical	Horizontal, verano	3/4 - 4	3.44	2.16	0.91
f Pendiente de 45	Abajo, verano	3/4 - 4	4.36	2.50	0.90
g Horizontal	Abajo, invierno	3/4	3.55	2.39	1.02
h Horizontal	Abajo, verano	3/4	3.25	2.08	0.84
i Horizontal	Abajo, invierno	1 1/2	5.74	3.21	1.14
j Horizontal	Abajo, verano	1 1/2	5.24	2.76	0.93
k Horizontal	Abajo, invierno	4	8.94	4.02	1.23
l Horizontal	Abajo, verano	4	8.08	3.38	0.99
No 3 Superficie de aire móvil (cualquier dirección de la pared)					
a 15 mph, invierno					0.17
b 7 1/2 mph, verano					0.25

Fuente: (American Society of Heating, 2009)

Tabla 30. Valores de resistencia térmica para materiales aislantes de Paredes

DESCRIPCIÓN	Densidad lb/pe ³	Resistencia Térmica	
		Por pulgada de espesor	Para el espesor listado
No 13 Materiales de Recubrimiento			
a Repello de cemento con agregado de arena	115	0.20	
b Repello de cemento con agregado de arena 1/2 plg			0.10
c Repello de cemento con agregado de arena 3/4 plg			0.15
d Repello de yeso con agregado liviano 1/2 plg	45		0.32
e Repello de yeso con agregado liviano 5/8 plg	45		0.39
f Repello de yeso con agregado liviano 3/4 plg			0.47
g Repello de yeso con agregado de perlita	45	0.67	
h Repello de yeso con agregado de arena	105	0.16	
i Repello de yeso con agregado de arena 1/2 plg	105		0.09
j Repello de yeso con agregado de arena 5/8 plg	105		0.11
k Repello de yeso con agregado de arena sobre base de metal 3/4 plg			0.10
l Repello de yeso con agregado de arena sobre base de madera			0.40
m Repello de yeso con agregado de vermiculita	45	0.59	

DESCRIPCIÓN	Densidad lb/pe ³	Resistencia Térmica	
		Por pulgada de espesor	Para el espesor listado
No 14 Unidades de mampostería			
a Ladrillo común	120	0.20	
b Ladrillo, a la vista	130	0.11	
c Bloque hueco, una celda 3 plg			0.80
d Bloque hueco, una celda 4 plg			1.11
e Bloque hueco, dos celdas 6 plg			1.52
f Bloque hueco, dos celdas 8 plg			1.85
g Bloque hueco, dos celdas 10 plg			2.22
h Bloque hueco, tres celdas 12 plg			2.50
i Piedra, losa o arena		0.08	
j Teja de yeso para partición, 3 plg x 12 plg x 30 plg - sólido			1.26
k Teja de yeso para partición, 3 plg x 12 plg x 30 plg - celular			1.35
l Teja de yeso para partición, 4 plg x 12 plg x 30 plg - celular			1.67

Fuente: (American Society of Heating, 2009)

Tabla 31. Calculo de coeficiente U

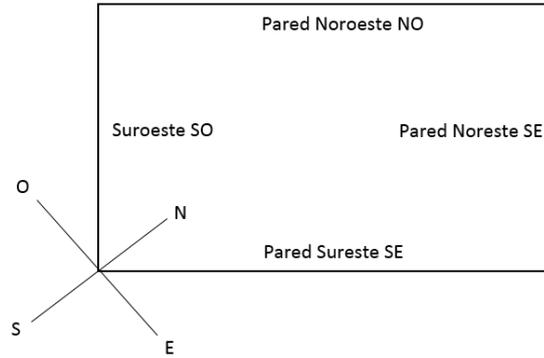
Paredes	Ladrillo común 15cm (6pulg)	R=0,20 por pulg	RT= 1,2
Recubrimiento de Pared Cemento	Espesor 2cm (3/4)	R=0,15	RT=0,30
Resistencia Externa		R=0,25	R _{ex} =0,25
Resistencia interna		R=0,91	R _{in} =0,91
Resistencia Total $h^{\circ}F ft^2 / Btu$			2,66
Coeficiente global de transferencia de calor (U) $1/(h^{\circ}F ft^2 / Btu)$			0,375

Fuente: Autores

3.3.3.2 Pared. Para el cálculo de la carga térmica que contribuyen las paredes del laboratorio se toma en cuenta solo dos superficies, ya que las otras dos no incide directamente el sol.

El local se encuentra ubicado en la ciudad de Riobamba a $01^{\circ}39'26,6''S$; $78^{\circ}40'36,22''W$, esta información se obtuvo por medio de la aplicación Mapsme

Figura 13. Orientación de Paredes del laboratorio de computación 1



Fuente: Autores

De esta consideración se toma en cuenta las paredes:

- Sur Oeste
- Sur Este

Por tener exposición al sol y contribuir con carga térmica al laboratorio de computación.

Tabla 32. Guía para la selección del tipo de paredes estándar

Group No.	Description of Construction
4-in. Face brick + (brick)	
C	Air space + 4-in. face brick
D	4-in. common brick
C	1-in. insulation or air space + 4-in. common brick
B	2-in. insulation + 4-in. common brick
B	8-in. common brick
A	Insulation or air space + 8-in. common brick
4-in. Face brick + (heavyweight concrete)	
C	Air space + 2-in. concrete
B	2-in. insulation + 4-in. concrete
A	Air space or insulation + 8-in. or more concrete
4-in. Face brick + (light or heavyweight concrete block)	
E	4-in. block
D	Air space or insulation + 4-in. block
D	8-in. block
C	Air space or 1-in. insulation + 6-in. or 8-in. block
B	2-in. insulation + 8-in. block
4-in. Face brick + (clay tile)	
D	4-in. tile
D	Air space + 4-in. tile
C	Insulation + 4-in. tile
C	8-in. tile
B	Air space or 1-in. insulation + 8-in. tile
A	2-in. insulation + 8-in. tile

Fuente: (American Society of Heating, 2009)

Según tabla las paredes pertenecen al grupo C para la realización de cálculos posteriores.

Tabla 33. Cálculo del CLTD para paredes

Table 31 Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load from Sunlit Walls

North Latitude Wall Facing	Solar Time, h												Rt of Wall	Mini- mum CLTD	Maxi- mum CLTD	Diffr. fact CLTD													
	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200																	
Group A Walls																													
N	12	12	12	13	13	13	13	12	11	11	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4			
NE	19	19	19	18	17	17	15	15	15	15	15	15	15	16	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	22	15	20	5
E	24	24	22	22	22	21	20	19	19	18	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	25	18	25	7
SE	34	33	33	32	31	30	30	29	28	28	28	28	29	30	31	32	33	34	34	34	34	34	34	34	34	25	34	9	
S	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	6
SW	25	25	25	24	24	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	17	24	5
W	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	18	27	5
NW	21	21	21	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	21	1
Group B Walls																													
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	9	9	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	15	8	15	7	
NE	19	19	17	16	15	14	13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	9
E	21	22	21	20	18	17	16	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	10
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	11
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
SW	27	26	25	24	22	21	20	19	18	17	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	12
W	26	26	25	24	23	21	20	19	18	17	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	13
NW	25	22	21	20	19	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	14
Group C Walls																													
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	10
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
E	22	21	19	17	15	14	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
SE	27	25	23	21	19	17	15	14	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
S	25	24	23	22	20	18	16	15	14	13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
SW	29	27	25	23	20	18	16	15	14	13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
W	28	26	24	22	20	18	16	15	14	13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Fuente: (American Society of Heating, 2009)

Para una hora solar 11h00 en un grupo de pared tipo C, tenemos los siguientes datos del CLTD para las paredes del laboratorio

- SE(sureste) =16
- SW(suroeste)=11

Para Calcular el Factor LM se tomó en cuenta el mes con mayor temperatura, la latitud en la que se encuentra ubicada la pared que en este caso sería 01°39'26,6''S, tenemos:

Tabla 34. Datos para calcular el factor LM

Lat.	Month	N	NNW	NW	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	HOR
0	Dec	-3	-5	-5	-5	-2	0	3	6	9	-1
	Jan/Nov	-3	-4	-4	-4	-1	0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-1	-2	-2	-2	-1	0	1	2	4	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	0
	Apr/Aug	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
8	Dec	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Jan/Nov	-4	-5	-5	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-1	-2	-2	-2	-1	-1	1	2	4	-1
	Mar/Sept	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	Apr/Aug	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
	May/Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
10	Dec	-4	-6	-6	-6	-4	-1	4	9	13	-9
	Jan/Nov	-4	-6	-6	-6	-4	-1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-3	-5	-5	-5	-4	-2	2	5	7	-4
	Mar/Sept	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	-1
	Apr/Aug	-1	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0

Fuente: (American Society of Heating, 2009)

Al no tener una latitud 1, interpolamos los datos de latitud 0 y latitud 8 disponibles en la tabla, para una orientación SE-SW.

Tabla 35. Interpolación para cálculo de factor LM

Latitud	Mes	Orientación (SE)
0	Enero	2
1	Enero	x
8	Enero	3

Fuente: Autores

$$\frac{1 - 0}{8 - 1} = \frac{x - 2}{3 - x}$$

$$\frac{1}{7} = \frac{x - 2}{3 - x}$$

$$1(3 - x) = 7(x - 2)$$

$$3 - x = 7x - 14$$

$$3 + 14 = 7x + x$$

$$17 = 8x$$

$$x = \frac{17}{8} = 2,125$$

Tabla 36. Coeficiente total de transferencia de calor para paredes

AGLOMERADO HUECO		0,430/1										
 Arena y gravilla	20 (210)	2,54	2,15	2,34	2,10	1,61	1,42	1,46	1,37	1,12	0,83	
	30 (307)	2,29	2,00	2,20	1,95	1,51	1,37	1,37	1,32	1,07	0,78	
Escorias	20 (180)	1,90	1,71	1,81	1,66	1,32	1,22	1,22	1,17	0,98	0,73	
	30 (259)	1,76	1,61	1,71	1,56	1,27	1,17	1,12	1,12	0,93	0,73	
Ligero	20 (156)	1,71	1,56	1,66	1,51	1,27	1,12	1,17	1,07	0,93	0,73	
	30 (200)	1,56	1,42	1,51	1,37	1,17	1,07	1,07	1,02	0,88	0,68	
ESCAYOLA SOBRE LADRILLO HUECO		20 (190)	1,76	1,56	1,66	1,56	1,27	1,17	1,17	1,12	0,93	0,73
		25 (216)	1,56	1,42	1,51	1,37	1,12	1,07	1,07	1,02	0,88	0,68
		30 (239)	1,42	1,32	1,37	1,27	1,07	0,98	1,02	0,98	0,83	0,63

Fuente: (Carrier Air Conditioning Company, 1980)

- Pared Sur Oeste

El factor K se considera para una pared de con espesor de 20cm, $K=2,10 \text{ Btu}/hft^2\text{°F}$

Dimensiones del área de la pared Sur Oeste del laboratorio:

$$Area = (5,50 * 2,98) = 16,39m^2 \rightarrow 176,42ft^2$$

Temperatura Exterior= 24,39 °C → 75,90°F

Temperatura Interior= 27 °C → 80,6 °F

Temperatura de confort= 22°C → 71,6 °F

Calculamos el CLTD corregido

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)K + (78 - T_{int}) + (T_{ext} - 85)$$

$$CLTD_{corr} = (11 + 2,125)2,10 + (78 - 71,6) + (75,90 - 85)$$

$$CLTD_{corr} = 27,56 + (-2,7)$$

$$CLTD_{corr} = 24,86^{\circ}\text{F}$$

De aquí aplicamos la fórmula para calcular la carga térmica:

$$Q = U * A * CLTD_{corr}$$

$$Q = 0,375 * 176,42 * 24,86$$

$$Q = 1644,67 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

Pared Sur Este

El factor K se considera para una pared de con espesor de 20cm, $K=2,10 \text{ Btu/hft}^2\text{°F}$

$$\text{Area} = (9 * 1,18) = 10,62\text{m}^2 \rightarrow 114,31\text{ft}^2$$

$$\text{Temperatura Exterior} = 24,39^{\circ}\text{C} \rightarrow 75,90^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Temperatura Interior} = 27^{\circ}\text{C} \rightarrow 80,6^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Temperatura de confort} = 22^{\circ}\text{C} \rightarrow 71,6^{\circ}\text{F}$$

Calculamos el CLTD corregido

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)K + (78 - T_{int}) + (T_{ext} - 85)$$

$$CLTD_{corr} = (16 + 2,125)2,10 + (78 - 71,6) + (75,90 - 85)$$

$$CLTD_{corr} = 38,06 + (-2,7)$$

$$CLTD_{corr} = 35,36^{\circ}\text{F}$$

Dimensiones de la pared Sur Este del laboratorio:

$$\text{Area} = (9 * 1,18) = 10,62\text{m}^2 \rightarrow 114,31\text{ft}^2$$

De aquí aplicamos la fórmula para calcular la carga térmica:

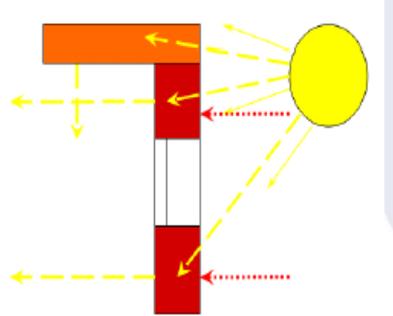
$$Q = U * A * CLTD_{corr}$$

$$Q = 0,375 * 114,31 * 35,36$$

$$Q = 1515,75 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

3.3.3.3 Techos. El análisis de la carga que genera el techo del laboratorio viene dado por la investigación de materiales que lo componen. Según comprobaciones visuales, conversaciones con arquitectos se pudo comprobar las siguientes características:

Figura 14. Descripción del techo del laboratorio



Fuente: Autores

- Espesor de 250mm de espesor de loza

K (coeficiente total de transferencia de calor). = $0,528 \text{ btu/h} * \text{ft}^2 * ^\circ\text{F}$ (Tomado de ASHRAE Fundamentals

Tabla 37. Coeficiente total de transferencia de calor para techos

13	101,6 mm de madera con 25,4 mm (o 50,8 mm) de aislamiento	83 (88)	0.602 (0.443)	21	20	18	17	15	14	13	11	10	9	9	9	10	12	14	16	18	20	22	25	24	24	23	22	22	9	24	15
Techo suspendido																															
1	Chapa de acero con 25,4 mm (o 50,8 mm) de aislamiento	44 (49)	0.761 (0.522)	1	0	-1	-2	-3	-3	0	5	13	20	28	35	40	43	43	41	37	31	23	15	10	7	5	3	15	-3	43	46
2	25,4 mm de madera con 25,4 mm de aislamiento	49	0.653	11	8	6	5	3	2	1	2	4	7	12	17	22	27	31	33	35	34	32	28	24	20	17	14	17	1	35	34
3	101,6 mm L.w. de hormigón	97	0.761	10	8	6	4	2	1	0	0	2	6	10	16	21	27	31	34	36	36	34	30	26	21	17	13	17	0	36	36
4	50,8 mm h.w. de hormigón con 25,4 mm aislamiento	146	0.744	16	14	13	11	10	8	7	7	8	9	11	14	17	19	22	24	25	26	26	25	23	21	20	18	18	7	26	19
5	25,4 mm de madera con 50,8 mm de aislamiento	49	0.471	14	11	9	7	5	4	3	3	4	6	10	14	18	23	27	30	31	32	31	29	26	22	19	16	18	3	32	30
6	152,4 mm L.w. hormigón	127	0.619	18	15	13	11	9	7	6	4	4	6	9	12	16	20	24	27	29	30	30	28	26	23	20	20	4	30	26	
7	63,5 mm de madera con 25,4 mm de aislamiento	73	0.648	10	18	16	14	12	12	10	9	8	8	9	10	12	14	17	19	21	21	24	23	24	21	22	21	20	8	25	17
8	203,2 mm L.w. hormigón	161	0.528	22	20	18	16	15	13	11	10	9	8	8	9	11	14	16	19	21	23	25	25	25	24	23	20	8	25	17	
9	101,6 mm h.w. de hormigón con 25,4 mm (o 50,8 mm) de aislamiento	259 (264)	0.727 (0.511)	17	16	15	14	13	13	12	11	11	11	12	13	15	16	18	19	20	21	21	21	21	20	19	18	19	11	21	10
10	63,5 mm de madera con 50,8 mm de aislamiento	73	0.409	19	18	17	16	14	13	12	11	10	10	11	12	14	16	18	19	21	22	23	23	22	22	21	21	10	23	13	
11	Sistema de techo bajo tierra	376	0.466	17	16	16	15	15	14	13	13	13	12	12	13	13	14	15	16	16	17	18	18	18	18	18	18	18	12	19	7
12	152,4 mm h.w. de hormigón con 25,4 mm (o 50,8 mm) de aislamiento	376 (376)	0.499	16	16	15	15	14	13	13	12	12	12	12	13	14	15	16	17	18	18	19	19	19	18	18	18	20	12	19	7

Fuente: (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2000)

Dimensiones del área del techo del laboratorio:

$$\text{Area} = (9 * 5,50) = 49,5\text{m}^2 \rightarrow 532,62\text{ft}^2$$

Calculamos el CLTD corregido

Para el cálculo de la carga térmica del techo tomamos el CLTD (SE)

Datos

Temperatura Exterior= 24,39 °C → 75,90°F

Temperatura Interior= 27 °C → 80,6 °F

Temperatura de confort= 22°C → 71,6 °F

$$\begin{aligned}CLTD_{corr} &= [(CLTD + LM)K + (78 - T_{int}) + (T_{ext} - 85)]0,75 \\CLTD_{corr} &= [(16 + 2,125)0,528 + (78 - 71,6) + (75,90 - 85)]0,75 \\CLTD_{corr} &= 9,57 + (-2,7) \\CLTD_{corr} &= 6,87°F\end{aligned}$$

De aquí aplicamos la fórmula para calcular la carga térmica:

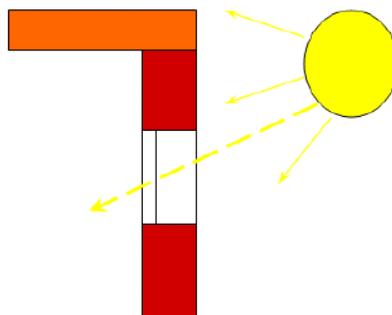
$$\begin{aligned}Q &= U * A * CLTD_{corr} \\Q &= 0,375 * 532,62 * 6,87°F \\Q &= 1372,16 \frac{Btu}{h}\end{aligned}$$

3.3.3.4 Piso. La carga térmica con la que contribuye el piso, se considera despreciable ya que este se encuentra en una segunda planta y no hay incidencia de calor en la misma.

Cristales (ventanas)

Ubicación Sur Este

Figura 15. Ubicación de ventanas del laboratorio



Fuente: Autores

Constitución del cristal. Es una ventana con un solo vidrio.

Tabla 38. Cálculo del CLTD para ventanas

Solar time, h	CLTD °F	Solar time, h	CLTD °F
0100	1	1300	12
0200	0	1400	13
0300	-1	1500	14
0400	-2	1600	14
0500	-2	1700	13
0600	-2	1800	12
0700	-2	1900	10
0800	0	2000	8
0900	2	2100	6
1000	4	2200	4
1100	7	2300	3
1200	9	2400	2

Fuente: (American Society of Heating, 2009)

El valor para CLTD (Diferencia media logarítmica de temperatura) para ventanas según la hora solar 11h00 es de 7

Tabla 39. Factor SHGF para ventanas

	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	71	163	224	250	242	32	203	162	275
Feb.	114	193	239	248	219	34	165	110	294
Mar.	156	215	241	230	184	67	110	55	300
Apr.	184	221	225	195	134	117	53	39	289
May	198	220	209	167	97	146	39	38	277
June	200	217	200	141	82	155	39	39	269
July	195	215	204	162	93	145	40	39	272
Aug.	179	214	216	186	128	117	51	41	282
Sep.	149	205	230	219	176	66	107	56	290
Oct.	112	187	231	239	211	35	160	108	288
Nov.	71	161	220	245	233	33	200	160	273
Dec.	55	149	215	246	247	31	215	179	265

Fuente: (American Society of Heating, 2009)

El valor para el factor SHGF (factor de ganancia solar máximo) para los cristales bajo una orientación SE (sureste) es de 32 para el laboratorio.

Tabla 40. Valores para CLF para las ventanas

Fenestration Facing	Room Construction	Solar Time, 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 (Shaded)	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.78	0.80	0.82	0.82	0.79	0.75	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	0.53	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.73	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
NNE	L	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.26	0.43	0.47	0.44	0.41	0.40	0.39	0.39	0.38	0.36	0.33	0.30	0.26	0.20	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.05	0.07	0.06	0.06	0.24	0.38	0.42	0.39	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.34	0.33	0.30	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
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
ENE	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.21	0.40	0.52	0.57	0.53	0.45	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.18	0.14	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.20	0.35	0.45	0.49	0.47	0.41	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
E	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.50	0.42	0.37	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.46	0.39	0.35	0.31	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
ESE	L	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.17	0.34	0.49	0.58	0.61	0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.13	0.10	0.09	0.07	0.06
	M	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.16	0.31	0.43	0.51	0.54	0.51	0.44	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09
SE	L	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03	0.15	0.29	0.43	0.55	0.63	0.64	0.60	0.52	0.45	0.40	0.35	0.29	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07
	M	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	0.12	0.10
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.23	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	0.43	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
SSW	L	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.15	0.19	0.27	0.39	0.52	0.62	0.67	0.65	0.58	0.46	0.36	0.28	0.23	0.19	0.15	0.12
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.11	0.15	0.15	0.18	0.25	0.35	0.46	0.55	0.59	0.59	0.53	0.44	0.35	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16
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	0.14	0.12	0.10	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	0.44	0.35	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16
WSW	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17	0.24	0.35	0.46	0.54	0.55	0.52	0.46	0.36	0.28	0.24	0.21	0.18	0.16
W	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.26	0.40	0.53	0.63	0.62	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	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20
WNW	L	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.25	0.36	0.46	0.53	0.56	0.51	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.18	0.28	0.38	0.46	0.51	0.51	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20
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	0.42	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	0.54	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
NNW	L	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.27	0.29	0.30	0.33	0.44	0.57	0.62	0.44	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23	0.26	0.27	0.28	0.31	0.39	0.51	0.56	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
HOR	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	0.29	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	0.56	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18

Fuente: (American Society of Heating, 2009)

El valor para CLF (factor de carga de enfriamiento) bajo una hora solar 11h00, una orientación SE y una construcción de medio tamaño es de 0,56.

Dimensiones del área de los cristales del laboratorio:

$$Area = (1,70 * 2,65) * 3 = 13,51m^2 \rightarrow 145,42ft^2$$

De aquí aplicamos la fórmula para calcular la carga térmica para ventanas de 1 solo vidrio:

$$Q = A * SC * SHGF * CLF \tag{12}$$

El valor de SC es un factor que representa la cantidad de calor que deja pasar el cristal hacia el recinto, sin tomar en cuenta cortinas, polarizados.etc

$$Q = 145,42 * 1 * 32 * 0,56$$

$$Q = 2605,92 \frac{Btu}{h}$$

3.3.4 Resumen de cálculos de cargas térmicas internas y externas

Tabla 41. Resumen de cargas térmicas

CARGAS TEMICAS INTERNAS		CARGAS TERMICAS EXTERNAS	
Descripcion	Q Termica Total	Descripcion	Q termica Total
Luces	1675,2648	Techos	1372,162275
Personas	13280	Pared Sureste	1515,857766
Aplicaciones	5305,34	Pared Suroeste	1644,840844
Infiltraciones	1413,37548	Ventanas Sureste	2605,9264
TOTAL EXTERNA	21673,98028	TOTAL INTERNA	7138,787284
CARGA TERMICA TOTAL			28812,76756

Fuente: Autores

$$Carga\ Total\ (QT) = QInterna + QExterna$$

$$Carga\ Total\ (QT) = (21673,98 + 7138,78)btu/h$$

$$Carga\ Total\ (QT) = 28812,76\ Btu/h$$

3.3.5 Condiciones de análisis. Cabe mencionar que las empresas que se dedican al diseño, instalación de equipos de acondicionamiento de aire, se manejan con parámetros estándar para realizar estimaciones iniciales de carga térmica. Para una edificación en Riobamba. El parámetro es aproximadamente 700 Btu/h por cada metro cuadrado de construcción. Por ello la carga obtenida es de:

$$Q = \frac{Area}{2} * Factor\ Standar$$

$$Q = \frac{49,5}{2} * 700\ Btu/H$$

$$Q = 17325$$

17325 por metro cuadrado para el caso del laboratorio que tiene una área de 49,5m², esto nos permite establecer diferencias entre un análisis de cargas térmicas mediante un proceso técnico-profesional, y un análisis estándar empírico.

3.3.6 FORMEX

3.3.6.1 Sitio web de selección del equipo de acondicionamiento de aire. Este sitio web permite establecer el equipo de acondicionamiento de aire que requiere para condiciones específicas de uso tomado de (www.formex.com.co):

Parámetros de Selección

- Tipo de Edificio
 - Moderna
 - Antigua

Figura 16. Tipo de edificio



Fuente: <http://www.formex.com.co/calculadora.html>

- Tipo de habitación, situación de la habitación, y dimensiones de la habitación
 - Tipo de Habitación
 - Sala, oficina, dormitorio
 - Cocina
 - Situación de la Habitación
 - Sobre y bajo la Habitación
 - Dimensiones de la Habitación
 - Área

Figura 17. Tipo, situación y dimensiones del laboratorio



Fuente: <http://www.formex.com.co/calculadora.html>

- Condiciones de paredes exteriores, orientación, ventanas, número de personas

Figura 18. Paredes, ventanas, orientación y personas de la habitación

FORMEX
REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

1 | Paredes exteriores
Has click en el suelo para seleccionar las paredes exteriores
2 pared(es) exterior(es)

2 | Ventanas
0 3

3 | Orientación de la habitación
Hacer click en los puntos para colocar el sol, de acuerdo con la posición a media mañana

4 | Personas
Ocupación habitual de personas
32

Fuente: <http://www.formex.com.co/calculadora.html>

- Fuentes de calor adicionales

Figura 19. Paredes, ventanas, orientación y personas de la habitación

FORMEX
REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

1 | Iluminación - Tipo
Standard Fluorescente Halógeno

2 | Iluminación - Intensidad
Baja Media Alta

3 | Fuentes de calor
Computadora 30 Impresora 0
TV 0 Mini componente 0

4 | Otras fuentes de calor
Otras fuentes de calor (Watt)
1500

Fuente: <http://www.formex.com.co/calculadora.html>

Como resultado del análisis mediante este sitio web, nos dio como resultado que debemos seleccionar un equipo de 26832 BTU/HORA

Figura 20. Solución, capacidad del aire acondicionado

FORMEX
REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

La solución

Con los datos que usted ingreso, calculamos que su habitación necesitaría aproximadamente:

26832 BTUs/h

Pasando el cursor sobre los productos sabrá si ese equipo cumple o excede sus necesidades

Esta es una estimación simplificada, si necesita una evaluación más detallada por favor contáctese con **FORMEX**

Volver a Calcular

Fuente: <http://www.formex.com.co/calculadora.html>

De la comparación de estos tres métodos de análisis para selección del equipo de aire acondicionado tenemos lo siguiente:

Tabla 42. Comparación de Carga Térmica Total

Método Selección Estándar	17325 Btu/hora
Método Sitio Web	26832 Btu/hora
Método (CLTD/CLF)	28812,76/hora

Fuente: Autores

3.3.7 Selección de equipos. Una vez realizado el análisis de carga térmica total, se procede a realizar la selección del equipo mediante la disposición de los disponibles actualmente en el mercado:

Tabla 43. Comparativa de usos más comunes de tipos de acondicionadores de aire

EQUIPO	USO RESIDENCIAL	USO COMERCIAL	USO INSTITUCIONAL
Aire Acondicionado Compacto	X		
Aire Acondicionado Portátil	X		
Aire Acondicionado Tipo Split	X	X	X
Aire Acondicionado Central Separado	X	X	X
Aire Acondicionado Tipo Paquete		X	X
Aire Acondicionado Tipo Chiller		X	X

Fuente: Manual básico de sistemas de aire acondicionado y extracción mecánica de uso común en arquitectura

En nuestro caso seleccionaremos un equipo de acondicionamiento de aire tipo Split tomando en cuenta las capacidades que ofrece el mercado a nivel nacional.

Tabla 44. Acondicionadores de aire por superficies

Potencias de Acondicionadores de aire	Superficies Sugeridas m^2
9000	18
12000	24
18000	36
24000	48
36000	70
48000	95
60000	120

Fuente: Autores

Comparación de la carga térmica a vencer, comparándola con las capacidades disponibles en el mercado:

Tabla 45. Selección del equipo de acuerdo a carga térmica

Carga térmica calculada (CLTD/CLF)	Equipos Disponibles
28812,76 Btu/hora	36000 Btu/hora

Fuente: Autores

Figura 21. Aire acondicionado (Piso – Techo)



Fuente: Manual básico de sistemas de aire acondicionado y extracción mecánica de uso común en arquitectura

Con el cálculo anterior se selecciona el equipo comercial (Piso – Techo) de capacidad 36 000 BTU, cumpliendo con las necesidades y condiciones requeridas del Laboratorio de Computación I.

3.4 Implementación del equipo

La instalación, la reparación y la atención técnica deben realizarse correctamente, ya que de lo contrario podrían producirse descargas eléctricas, cortocircuitos, fugas, incendios u otros desperfectos en el equipo. (INNOVAIR CORPORATION, 2012)

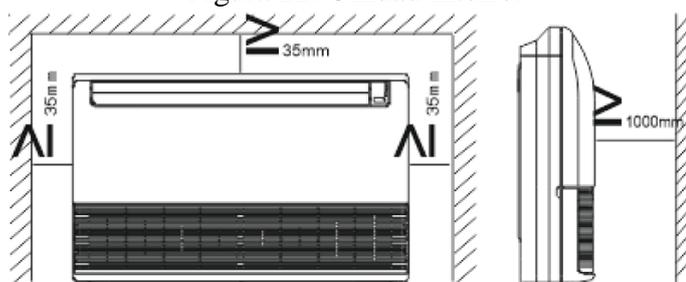
3.4.1 Orden de instalación

3.4.1.1 Seleccione la ubicación. Instale el equipo sobre una superficie sólida que sea capaz de soportar su peso. Si la superficie no es lo suficientemente sólida o la instalación no se realiza correctamente, el equipo caerá y provocará desperfectos. El aparato deberá instalarse a 2,5 m del suelo.

3.4.1.2 *La unidad interior.* Deberá instalarse en un lugar que reúna los siguientes requisitos:

- Hay espacio suficiente para la instalación y el mantenimiento.
- El techo es horizontal y su estructura puede soportar el peso de la unidad interior.
- No hay obstáculos en la entrada y la salida del aire, y la incidencia del aire del exterior es la menor posible.
- El flujo de aire llega a todas las partes de la sala.
- El tubo de conexión y el de desagüe pueden sacarse con facilidad.
- No hay radiación directa procedente de calefactores.

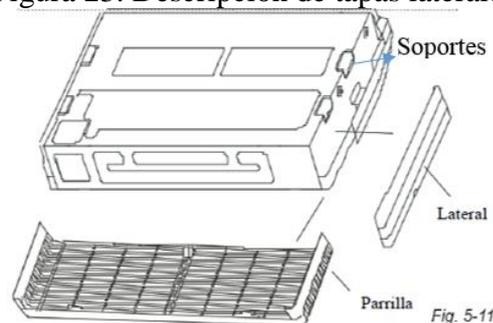
Figura 22. Unidad interior



Fuente: (INNOVAIR CORPORATION, 2012)

- Se retira la placa lateral para proceder a tomar medidas de los soportes de la unidad evaporadora (interior)

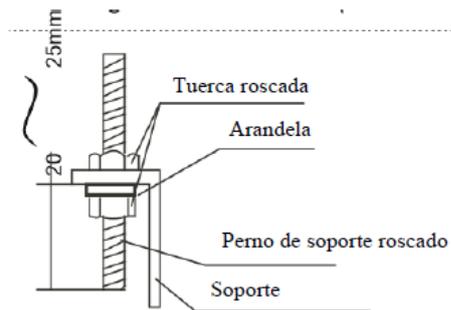
Figura 23. Descripción de tapas laterales



Fuente: (INNOVAIR CORPORATION, 2012)

- Una vez localizado el soporte, ubicamos el perno de anclaje $\varnothing = 10\text{mm} \times 2 \text{ in}$

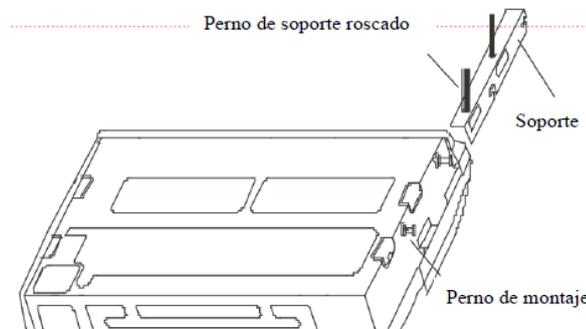
Figura 24. Perno de anclaje



Fuente: (INNOVAIR CORPORATION, 2012)

- Se cuelga la unidad interior sobre los pernos de anclaje deslizando la evaporadora y ajustando los pernos de anclaje

Figura 25. Fijación de unidad evaporadora



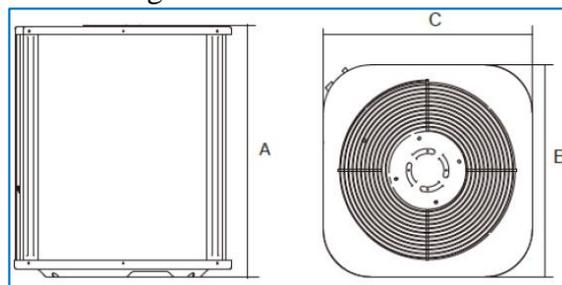
Fuente: (INNOVAIR CORPORATION, 2012)

3.4.1.3 *La unidad exterior.* Debe instalarse en una ubicación que cumpla con los siguientes requisitos:

- Hay espacio suficiente para la instalación y el mantenimiento.
- La salida y entrada de aire no deben estar obstaculizadas
- Debe estar en un lugar seco y bien ventilado.
- Asimismo, soporta cualquier ruido o vibración adicionales.
- El vecindario no notará el ruido ni el aire expulsado.

- La conexión de tubos o cables permite una instalación sencilla.
- Determine la dirección de salida del aire para que no quede bloqueado.
- La longitud de los tubos entre la unidad exterior y la interior no puede superar la longitud permitida.
- Si es preciso, instale un toldo que no estorbe la circulación del aire.
- En el modo calefacción, el agua drenada de la unidad interior, condensada, debería salir correctamente por el orificio de desagüe hasta un lugar adecuado, para no molestar a otras personas.
- Coloque la unidad exterior lo más cerca de la interna posible.
- Si es posible, retire los obstáculos cercanos para evitar que el rendimiento disminuya debido a la escasa circulación de aire.

Figura 26. Unidad exterior



Fuente: (INNOVAIR CORPORATION, 2012)

Tabla 46. Dimensiones del equipo

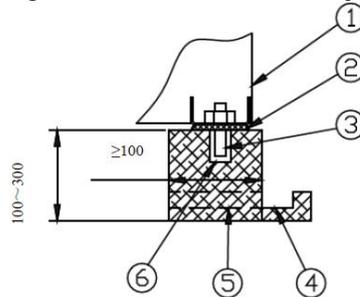
MODELO	DIMENSIONES		
	A	B	C
18	633	554	554
24	633	554	554
36	840	554	554
48	852	740	740
60	843	740	740

Fuente: (INNOVAIR CORPORATION, 2012)

- La base debe ser plana y se recomienda que esté elevada del nivel de suelo entre 100 y 300 mm.

- Instale el drenaje alrededor de la base para conseguir un drenaje fluido
- Al instalar la unidad en un tejado o porche, el agua drenada a veces se convierte en hielo debido a las temperaturas medioambientales. Por tanto, evite realizar el drenaje en una zona de paso para evitar resbalones.

Figura 27. Orden de montaje



Fuente: (INNOVAIR CORPORATION, 2012)

Tabla 47. Descripción del montaje

No	Descripción
1	Unidad exterior
2	Goma a prueba de vibraciones
3	Perno de anclaje M10
4	Desagüe (100 de ancho x 150 de profundidad)
5	Drenaje
6	Orificio de mortero ($\Phi 100 \times$ Profundidad 150)

Fuente: (INNOVAIR CORPORATION, 2012)

3.4.1.4 *Instale el tubo de conexión.* La longitud del tubo del refrigerante cumplen con los siguientes requisitos:

Tabla 48. Selección de longitud del tubo

Díámetro de Cañería	Longitud de Cañería
Cañería $\Phi 3/8$ Línea de alta presión	4m
Cañería $\Phi 7/8$ Línea de baja presión	4m

Fuente: Autores

Durante la instalación evite que entren en el sistema de tuberías aire, polvo o impurezas.

El tubo de conexión no deberá instalarse hasta que se hayan colocado la unidad interior y la exterior.

No permita que el tubo de conexión se moje durante la instalación.

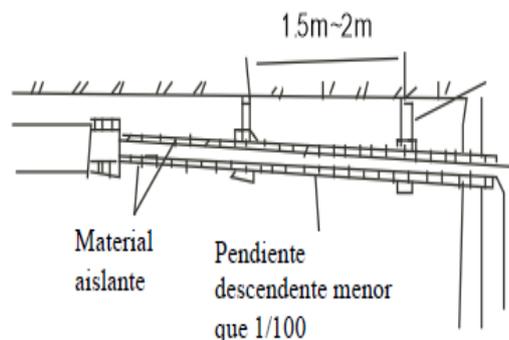
Procedimiento de conexión de tubos

- Haga un agujero en la pared (del tamaño del conducto mural) y, a continuación, coloque los accesorios, como el conducto mural y su cubierta.
- Utilice cinta adhesiva para hacer un manajo con el tubo de conexión y los cables. Haga pasar el tubo de conexión y los cables a través del conducto mural desde la parte exterior.
- Extraiga el aire con una bomba de vacío.
- Abra las llaves de paso de la unidad exterior para permitir el flujo en el tubo de refrigerante que conecta la unidad interior con la unidad exterior.
- Comprobación de fugas. Compruebe todas las conexiones con un detector de fugas o con agua jabonosa.
- Cubra las juntas del tubo de conexión con la funda anti ruido/aislante.

3.4.1.5 *El tubo de desagüe.* Instale el tubo de drenaje de la unidad interior, se debe seguir los siguientes pasos:

- Una unión dura de PVC debe ser utilizada para la conexión de tuberías, y asegurarse de que no hay fugas.
- Es necesario una pendiente en el tubo de desagüe

Figura 28. Instalación de la tubería desagüe

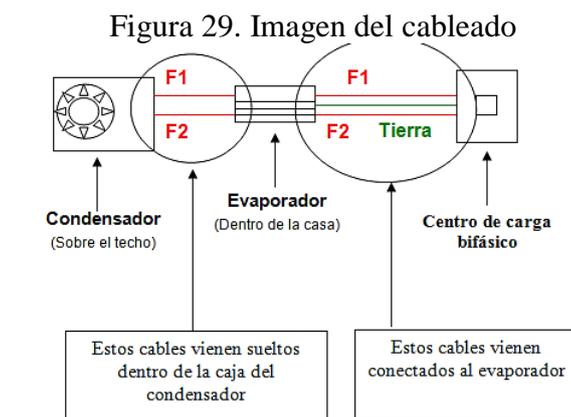


Fuente: (INNOVAIR CORPORATION, 2012)

No existe un valor específico de la cantidad de desagüe del equipo, pero por el valor de carga máxima se puede estimar que es de 1Lt/h.

3.4.1.6 Cableado. Se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Este equipo deberá ser instalado de conformidad con las regulaciones eléctricas nacionales.
- El equipo de aire acondicionado deberá utilizar una fuente de alimentación independiente de la tensión adecuada.
- La fuente de alimentación externa del equipo de aire acondicionado deberá tener conexión a tierra, la cual estará conectada a la toma de tierra de las unidades interior y exterior.
- De acuerdo con la normativa nacional, debe instalarse en el cableado fijo un dispositivo de desconexión con una separación mínima de 3 mm en todos los polos y un dispositivo diferencial residual (DDR) de más de 10 mA.
- Asegúrese de colocar correctamente el cableado de alimentación y el cableado de transmisión de señales para evitar interferencias.
- No encienda el equipo si no ha comprobado bien las conexiones eléctricas.
- El tipo de cable eléctrico es calibre AWG 8, AWG 14 y AWG 12.



Fuente: (INNOVAIR CORPORATION, 2012)

3.5 Pruebas y funcionamiento

La prueba de funcionamiento deberá realizarse una vez terminada toda la instalación, se debe comprobar los puntos siguientes antes de realizar la prueba de funcionamiento:

La unidad interior y la unidad exterior están correctamente instaladas.

- Los tubos y el cableado están colocados correctamente.

Figura 30. Colocación de tubos de cobre y cableado eléctrico



Fuente: Autores

- Se ha comprobado la existencia de fugas en el sistema de tubos del refrigerante.

Figura 31. Comprobación de fugas del sistema de refrigeración



Fuente: Autores

- El desagüe no tiene obstrucciones.

Figura 32. Comprobación del desague



Fuente: Autores

- El aislamiento térmico funciona correctamente.

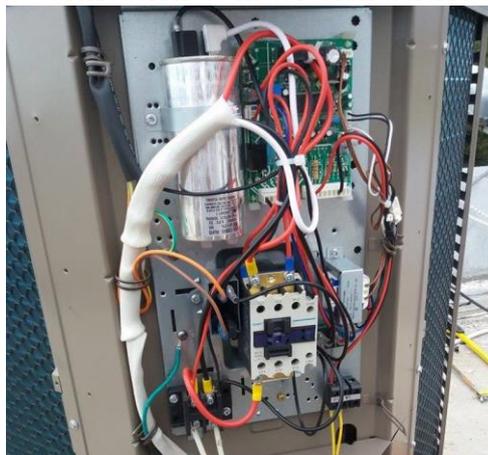
Figura 33. Verificación de la cubierta de rubatex (aislamiento térmico)



Fuente: Autores

- La toma de tierra está bien conectada.

Figura 34. Verificación de instalación a tierra del equipo



Fuente: Autores

- Se ha considerado la longitud de los tubos y la capacidad de almacenamiento adicional de refrigerante.

Figura 35. Verificación de longitud de tubos de refrigeración y carga de refrigerante



Fuente: Autores

- La tensión de alimentación se corresponde con la especificada para el equipo de aire acondicionado.
- No hay ningún obstáculo ni en la entrada ni en la salida de aire de las unidades exterior e interior.

Figura 36. Verificación de unidad interior (condensadora)



Fuente: Autores

Figura 37. Verificación de unidad exterior



Fuente: Autores

- Están abiertas las llaves de paso del lado del gas y del lado del líquido.
- Se ha encendido el equipo de aire acondicionado para precalentarlo.

3.5.1 *Prueba de funcionamiento.* Seleccione el modo “AUTO” con el control remoto y compruebe los puntos siguientes:

3.5.5.1 *La unidad interior*

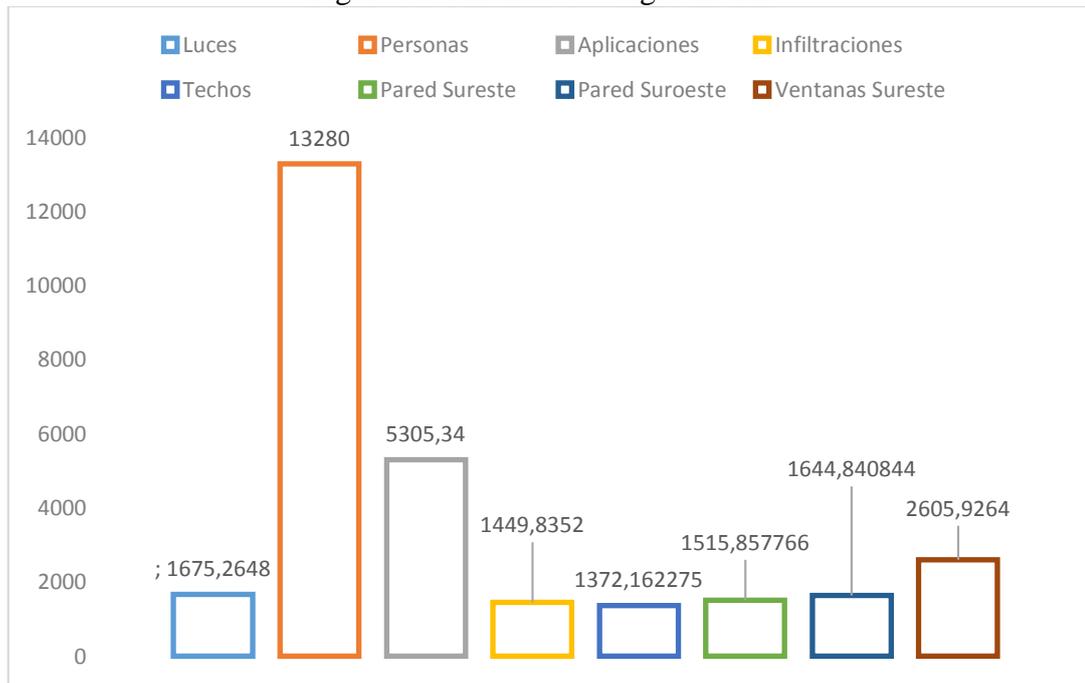
- El interruptor del control remoto funciona correctamente.
- Los botones del control remoto funcionan correctamente.
- Las aspas que dirigen el flujo de aire se mueven sin problemas.
- La temperatura de la sala se ajusta bien.
- La luz indicadora se enciende correctamente.
- Los botones del temporizador funcionan correctamente.
- El desagüe funciona correctamente.
- Se producen vibraciones o ruidos anómalos durante el funcionamiento

3.5.5.2 *La unidad exterior*

- Se producen vibraciones o ruidos anómalos durante el funcionamiento.
- El aire, el ruido o la condensación generada por el equipo de aire acondicionado
- Hay fugas de refrigerante.

3.6 Análisis de resultados

Figura 38. Análisis de cargas internas



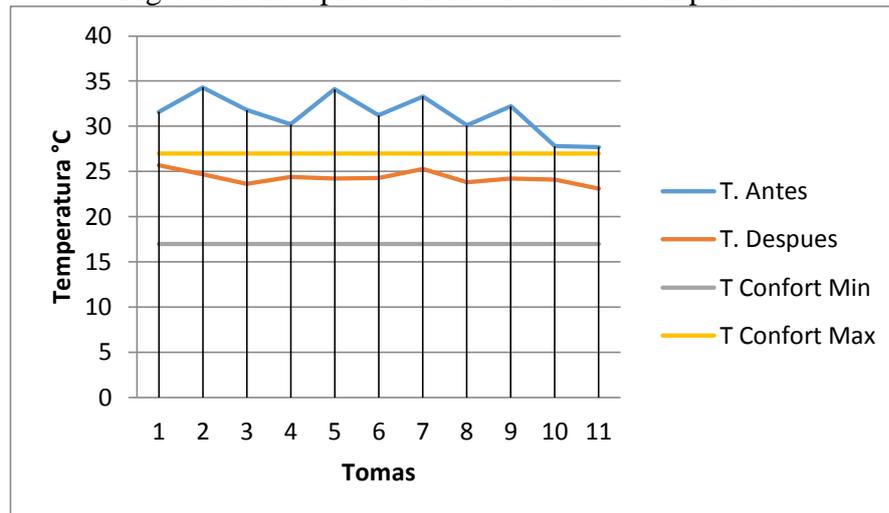
Fuente: Autores

Tabla 49. Mediciones de temperatura

Tomas	T. Antes	T. Después	T Confort Min	T Confort Max
1	31,6	25,7	17	27
2	34,3	24,7	17	27
3	31,8	23,6	17	27
4	30,2	24,4	17	27
5	34,1	24,2	17	27
6	31,2	24,3	17	27
7	33,3	25,3	17	27
8	30,1	23,8	17	27
9	32,2	24,2	17	27
10	27,8	24,1	17	27
11	27,7	23,1	17	27

Fuente: Autores

Figura 39. Interpretación mediciones de temperatura



Fuente: Autores

Según la normativa del Real Decreto 486/1997, los intervalos de temperatura en espacios cerrados se relacionan con el tipo de trabajo que tenemos que hacer, no es lo mismo estar en reposo que haciendo esfuerzo físico. Así, con este factor de corrección, los intervalos más adecuados según la normativa son los siguientes:

En trabajos sedentarios: 17 a 27 °C

En trabajos ligeros: 14 a 15 °C

CAPÍTULO IV

4. ESTUDIO DE COSTOS

4.1 Costos directos.

Para la implementación del sistema de climatización, se evalúa la siguiente clasificación:

- Costos de equipos y herramientas
- Costos de accesorios
- Costos de mano de obra

Tabla 50. Costos del equipo y herramientas

Costos del equipo y herramientas				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Aire acondicionado (Piso - Techo)	U	1	1523,00	1523,00
Taladro	U	1	80,00	80,00
Soldadora autógena	U	1	200,00	200,00
Bomba de vacío	U	1	150,00	150,00
Herramienta menor	U	1	30,00	30,00
Termómetro infrarrojo	U	1	80,00	80,00
Higrómetro	U	1	16,93	16,93
Subtotal costo del equipo				2079,93

Fuente: Autores

Tabla 51. Costos de accesorios

Costos de accesorios				
Accesorios del equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Rubatex 7/8	m	5	4,40	22,00
Cañería 7/8 cobre	m	4	8,37	33,48
Cañería 3/8 cobre	m	4	4,21	16,84
Varillas de soldadura 5%	U	4	1,62	6,48
Codos de cobre 7/8*90°	U	3	1,15	3,45
Filtro deshidratador	U	1	12,50	12,50
Pernos de anclaje tipo cuña	U	4	0,60	2,40

Fuente: Autores

Continúa Tabla 51 Costos de accesorios

Accesorios de la instalación eléctrica				
Riel din de acero	m	1	3,00	3,00
Breaker 40 A	U	1	11,15	11,15
Breaker 20 A	U	1	9,12	9,12
Gabinete modular 20X20X15	U	1	13,55	13,55
Cable sólido #14	U	18	0,20	3,60
Cable flexible #8	U	46	0,90	41,40
Cable concéntrico 2X8	U	12	2,75	33,00
Canaleta 20X15	U	2,5	12,00	30,00
Accesorios de la instalación de desague				
Tubo PVC roscable 1/2"	U	3	4,98	14,94
Union roscable 1" X 1/2"	U	1	1,31	1,31
Adaptador de manguera a tubo	U	1	0,55	0,55
Union roscable 1/2"	U	2	0,35	0,70
Codo 90° roscable 1/2"	U	1	0,29	0,29
Abrazadera acero 1/2"	U	15	0,65	9,75
Codo cachimba 90° roscable 1/2"	U	1	0,63	0,63
Teflón 1/2"	U	1	0,33	0,33
Sellador de tubo	U	1	3,41	3,41
Subtotal Costo de accesorios				273,88

Fuente: Autores

Tabla 52. Costos de mano de obra

Costos de mano de obra				
Descripción	#/Personal	Horas/Hombre	Salario Real/Hora	Costo Total
Técnico Instalador	1	8	10,00	80
Ayudante	1	8	2,50	20
Soldador	1	8	10,00	80
Electricista	1	8	8,00	64
Subtotal Costo de mano de obra				244,00

Fuente: Autores

Tabla 53. Total de Costos directos

Costos Directos	Valor
Equipo y herramientas	2079,93
Accesorios	273,88
Mano de obra	244,00
Total	2597,81

Fuente: Autores

4.2 Costos indirectos.

Son aquellos costos que no pueden asignarse con precisión.

Tabla 54. Costos indirectos

Costos indirectos	
Descripción	Costo \$
Alimentación	100,00
Transporte	200,00
Subtotal	300,00

Fuente: Autores

4.3 Costo total de la implementación del sistema de climatización en el laboratorio de computación I.

Tabla 55. Costos Total del proyecto

Costo Total	Valor
Costos directos	2597,81
Costos indirectos	300,00
Total	2897,81

Fuente: Autores

Este proyecto tiene 0% de utilidad ya que fue elaborado para el beneficio de la Escuela de Ingeniería Industrial.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se analizó la situación actual del laboratorio de computación I mediante factores tales como dimensiones, cantidad de ventanas, paredes externas e internas, número de personas, luces, equipos de cómputo y orientación del edificio, los mismos que influyen directamente en el efecto térmico.

Se realizó el cálculo de la carga térmica total del laboratorio de computación I, utilizando ecuaciones de flujo térmico y tablas de factores establecidos en la norma ASHRAE, donde el valor es de 28812,76 Btu/hora en un área 49,5 m². Es importante mencionar que las personas aportan con el 46,09% de la carga total.

Se seleccionó el equipo adecuado mediante el valor de carga térmica total que se genera en el lugar objeto de estudio, un sistema de aire acondicionado (Piso – Techo) de 36 000 Btu/hora, tiene la capacidad de absorber el calor generado, el mismo que nos brinda un ambiente confortable y saludable. Además este equipo tiene programación de ahorro de energía y su funcionamiento es de forma silenciosa.

Se comprobó el correcto funcionamiento del sistema de aire acondicionado, se realizó cuando el laboratorio se encontraba en su carga máxima, también se efectuó las respectivas mediciones para comprobar que el sistema proporciona las condiciones de confort.

5.2 Recomendaciones.

Se recomienda que se realice estudios similares a los demás los laboratorios para verificar si los usuarios de los diferentes espacios de la Escuela, se encuentran en un ambiente de confort.

Se recomienda encender el equipo en una temperatura de 22°C para mantener la sensación de confort dentro del laboratorio de cómputo.

Se recomienda realizar mantenimiento al sistema de aire acondicionado mínimo una vez al año, para asegurar su correcto funcionamiento y operación.

Se recomienda que el encendido del equipo sea a las 7 de la mañana y la desconexión del mismo a las 8 de la noche.

Se recomienda a los usuarios mantener la puerta cerrada, para que el proceso de enfriamiento se realice de forma efectiva.

BIBLIOGRAFÍA

REAL DECRETO 486/1997: *Temperaturas: Frio, Calor o Disconfor Termico*[En línea]. Castilla, 2011. [Consulta: 02 de Enero 2017]. Disponible en: http://www.ccoo.cat/salutlaboral/docs/Fulls%20Informatius/temperatures_castella.pdf

CONTI GONZÁLEZ, Báez: *Historia del Aire Acondicionado*[En línea]. [Consulta: 04 de Diciembre 2016]. Disponible en: <http://www.elaireacondicionado.com/articulos/historia-del-aire-acondicionado>.

ASHRAE. *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.* Atlanta : 2009. pp.400-538

ASHRAE. *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers: Handbook—HVAC Systems and Equipment.* Atlanta : 2000. pp. 613-702

CORDOVA, Hugo. *Principios de Refrigeracion y aire Acondicionado.* México: México, 2009. pp.70.

DAIKIN: *Funcionamiento del Aire Acondicionado* [En línea]. España: 2010. [Consulta: 05 de Diciembre 2016] Disponible en: <http://www.daikin.es/aire-acondicionado/funcionamiento/>

DIEGO MAS, Jose Antonio: *Evaluación del confort térmico con el método de Fanger.* [En línea]. [Consulta: 10 de Diciembre 2016]. España: 2015. Disponible en: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php>.

HADZICH, Miguel: *Termodinamica para Ingenieros.* Peru: Lima, 2006. pp.40-48

ADMIN: *Medidores de Humedad: Higrometro.* [En línea]. [Consulta: 19 de Diciembre 2016]. México: 2013. Disponible en: <http://www.purificadordelaire.es/medir-el-grado-de-humedad-el-higrometro/>.

INNOVAIR CORPORATION. *Manual de Instalacion Innovair.* Miami-USA, 2012, pp. 5-30.

LOPEZ PEREZ, Irma Cristina & OREJUELA TIAGUARO Maria Gabriela. *Diseño de un sistema de climatizacion para el hotel Zeus. Riobamba* [En línea] (tesis).(Ingeniería), ESPOCH, Chimborazo, Ecuador. 2009. pp. 20-30. [Consulta: 20 de Diciembre 2016]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/261/1/15T00411.pdf>

NATIONAL INSTRUMENTS TEMPERATURA: *Guía para Realizar Medidas de Temperatura con RTDs* [En línea]. Bóston-USA: 2016. [Consulta: 26 de Diciembre 2016]. Disponible en: <http://www.ni.com/tutorial/7115/es/>.

TREJO GARCIA Pedro Manuel & ABUNDIS Humberto Reyes. *Cálculo y Selección del Equipo de un sistema de aire acondicionado para un teatro en Puerto Vallarta, Jalisco*

[En línea] (tesis).(Ingeniería), Instituto Politécnico Nacional, México DF, México: 2009. pp. 12-31. [Consulta: 20 de Diciembre 2016]. Disponible en: http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-12-27_08-25-25112822.pdf

PITA, Edward: *Acondicionamiento de aire Principios y Sistemas*. México: San Juan Jalpa, 2005. pp. 15-30.

QUADRI, Nestor: *Sistemas de Aire Acondicionado Calidad del Aire Interior*. Argentina: Buenos Aires, 2001. pp. 136

RODRIGUEZ DELGADO, David Alejandro. Climatizacion de un edificio de labores administrativas, mediante el diseño de un sistema de agua enfriada por aire, con volumen variable tanto en el circuito de agua fria como en el suministro de aire acondicionado, utilizando un sistema de control [En línea] (tesis).(Ingeniería), ESPOL Guayaquil, Ecuador: 2006. pp. 30-38. [Consulta: 20 de Diciembre 2016]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13584/3/Tesis.pdf>

PITA, Edward: *Acondicionamiento de aire Principios y Sistemas*. México: San Juan Jalpa, 2005. pp. 15-30.

STEDMAN R.G: *Sensacion Termica tu Meteorologia* [En línea]. España: 1979. [Consulta: 02 de Enero 2017]. Disponible en: <http://www.tutiempo.net/meteorologia/sensacion-termica.html>.

VETO Medicion y control: *Termometro Infrarojo Manual del Usuario*. Santiago : VETO Y CIA LTDA, 2011. pp. 3-5.

