



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA LA
BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES Y BIBLIOTECA
DE LA EFPEM DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Iván Estuardo Gálvez Aguilar

Asesorado por el Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera

Guatemala, marzo de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA LA
BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES Y BIBLIOTECA
DE LA EFPEM DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

IVÁN ESTUARDO GÁLVEZ AGUILAR
ASESORADO POR EL ING. SERGIO FERNANDO PÉREZ RIVERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
EXAMINADOR	Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera
EXAMINADORA	Inga. Laura Rosmery Briones Zelada
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA LA
BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES Y BIBLIOTECA
DE LA EFPEM DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 24 de mayo de 2016.



Iván Estuardo Gálvez Aguilar

Guatemala 09 de mayo de 2018

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero Urquizú Rodas

Atentamente me dirijo a usted para saludarlo y hacer de su conocimiento lo siguiente:

Por este medio yo Sergio Fernando Pérez Rivera con el título de Ingeniero Industrial, informo que como asesor del estudiante **Iván Estuardo Gálvez Aguilar**, quien se identifica con número de carné **201114031**, procedí a revisar los 5 capítulos que conforman el trabajo de graduación que lleva por nombre: **"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA LA BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y BIBLIOTECA EFPEM DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"** el cual encuentro satisfactorio.

En virtud de lo antes mencionado, **DOY POR APROBADO EL TRABAJO DE GRADUACIÓN**, solicitándole darle el trámite correspondiente.

Agradeciendo la atención a la presente, me suscribo a usted.

Cordialmente


Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera
Colegiado Activo No. 1551

Sergio Fernando Pérez Rivera
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 1551



REF.REV.EMI.154.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA LA BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y BIBLIOTECA EFPEM DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario Iván Estuardo Gálvez Aguilar, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Saulo Moisés Méndez Garza
INGENIERO INDUSTRIAL
COL. No 7,168

Ing. Saulo Moisés Méndez Garza
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2018.

/mgp



REF.DIR.EMI.039.019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA LA BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y DE LA BIBLIOTECA DE EFPEM DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario Iván Estuardo Gálvez Aguilar, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2019.

/mgp



DTG.116.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA LA BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES Y BIBLIOTECA DE LA EFPEM DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Iván Estuardo Gálvez Aguilar**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, marzo de 2019

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por estar conmigo en los momentos difíciles, por demostrarme su bondad y bendiciones a lo largo de mi carrera universitaria.
- Mis padres** Jorge Gálvez y Carmen Aguilar, por brindarme todo su amor, cariño, comprensión y mostrarme que el amor a Dios, el esfuerzo y el trabajo duro son necesarios para alcanzar los sueños.
- Mis hermanos** Andrés y María Gálvez, por compartir, acompañarme y apoyarme en este largo camino.
- Mis abuelos** David Aguilar y Andrea López, ejemplo de lucha y de unidad familiar, por todo el cariño, sabiduría y confianza brindada a mi persona.
- Mis tíos y primos** Por estar a mi lado en mis momento de tristeza y alegría y por apoyarme de manera desinteresada.
- Amigos de la infancia** Gabriel Mazariegos, Kevin Xiloj y Fátima Gómez, por formar parte de mi familia y apoyarme a alcanzar mis sueños.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Casa de estudios que me abrió las puertas para educarme, cultivarme y formarme como un profesional de éxito.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme las herramientas necesarias para ejercer de manera óptima mi vida profesional.
Mis amigos de la Facultad	Por su grata amistad y apoyo incondicional brindado a lo largo de mi carrera y compartir esos momentos de tristeza, alegría, frustración y triunfo.
Mis compañeros de trabajo	Por brindarme su amistad, compañerismo y enseñanza en mi vida profesional.
Ing. Sergio Pérez	Por el apoyo brindado en la asesoría de mi trabajo de graduación.
Licda. María de los Ángeles	Por gestionar los permisos necesarios para realizar los estudios en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales.....	1
1.1.1. Historia.....	1
1.1.2. Misión.....	2
1.1.3. Visión.....	2
1.1.4. Biblioteca de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales.....	3
1.1.4.1. Historia.....	5
1.1.4.2. Misión.....	6
1.1.4.3. Visión.....	7
1.1.4.4. Valores.....	7
1.1.4.5. Tipos de servicios.....	8
1.1.4.6. Estructura organizacional.....	9
1.2. EFPEM.....	9
1.2.1. Historia.....	10
1.2.2. Misión.....	12
1.2.3. Visión.....	12
1.2.4. Biblioteca EFPEM.....	13

	1.2.4.1.	Tipos de servicios	15	
	1.2.4.2.	Estructura organizacional	15	
1.3.	Ubicación		16	
	1.3.1.	Ubicación de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.....	16	
	1.3.2.	Ubicación de la biblioteca de la EFPEM	17	
2.	ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL		19	
2.1.	Análisis de ventilación en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.....		19	
	2.1.1.	Humedad.....	19	
	2.1.2.	Temperatura.....	20	
2.2.	Análisis de ventilación en la biblioteca de la EFPEM.....		20	
	2.2.1.	Humedad.....	21	
	2.2.2.	Temperatura.....	21	
2.3.	Renovación de aire en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales		22	
	2.3.1.	Espacios administrativos y uso público.....	22	
	2.3.2.	Espacios bibliográficos	23	
2.4.	Renovación de aire en la biblioteca de la EFPEM		23	
	2.4.1.	Espacios administrativos y uso público.....	23	
	2.4.2.	Espacios bibliográficos	23	
2.5.	Análisis de ambientes		24	
	2.5.1.	Ambiente administrativo en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales	24	
		2.5.1.1.	Ganancia de calor.....	24
		2.5.1.2.	Equipo	25
		2.5.1.3.	Iluminación	26

2.5.2.	Ambiente administrativo en la biblioteca de la EFPEM	26
2.5.2.1.	Ganancia de calor	27
2.5.2.2.	Equipo.....	27
2.5.2.3.	Iluminación.....	27
2.5.3.	Ambiente de estudio en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales	28
2.5.3.1.	Ganancia de calor	28
2.5.3.2.	Equipo.....	28
2.5.3.3.	Iluminación.....	29
2.5.4.	Ambiente de estudio en la biblioteca de la EFPEM	30
2.5.4.1.	Ganancia de calor	30
2.5.4.2.	Equipo.....	30
2.5.4.3.	Iluminación.....	30
2.5.5.	Ambiente de colecciones en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.....	31
2.5.5.1.	Ganancia de calor	31
2.5.5.2.	Equipo.....	31
2.5.5.3.	Iluminación.....	32
2.5.6.	Ambiente de colecciones en la biblioteca de la EFPEM	32
2.5.6.1.	Ganancia de calor	32
2.5.6.2.	Equipo.....	33
2.5.6.3.	Iluminación.....	33
2.6.	Análisis de instalaciones físicas.....	33
2.6.1.	Biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.....	33
2.6.1.1.	Techos	34
2.6.1.2.	Paredes.....	35

2.6.2.	Biblioteca de la EFPEM.....	35
2.6.2.1.	Techos.....	37
2.6.2.2.	Paredes	37
3.	PROPUESTA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN.....	39
3.1.	Cálculo de cargas térmicas	39
3.1.1.	Cálculo de cargas térmicas de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales	40
3.1.2.	Cálculo de cargas térmicas para la biblioteca de la EFPEM	65
3.2.	Cambios en la infraestructura.....	67
3.2.1.	Cambios en la infraestructura de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales	68
3.2.2.	Cambios en la infraestructura de la biblioteca de la EFPEM	68
3.3.	Análisis de aislamiento térmico	68
3.3.1.	Análisis de aislamiento térmico en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales	69
3.3.2.	Análisis de aislamiento térmico en la biblioteca de la EFPEM	69
3.4.	Método de ventilación propuesto para la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales	70
3.4.1.	Especificaciones técnicas del equipo.....	70
3.4.2.	Material y equipo necesario para la implementación	73
3.4.3.	Especificaciones de instalación eléctrica necesaria para instalación	74
3.4.4.	Distribución del sistema de ventilación	74

3.5.	Método de ventilación propuesto para la biblioteca de la EFPEM.....	75
3.5.1.	Especificaciones técnicas del equipo	76
3.5.2.	Material y equipo necesario para la implementación.....	77
3.5.3.	Especificaciones de instalación eléctrica necesaria para instalación	77
3.5.4.	Distribución del sistema de ventilación.....	78
4.	DESARROLLO.....	79
4.1.	Instalación de equipo de ventilación	79
4.1.1.	Prueba de equipo de ventilación instalado	80
4.1.2.	Capacitación del personal	80
4.2.	Propuesta de análisis financiero	81
4.2.1.	Inversión en equipo de ventilación	81
4.2.2.	Modificaciones en infraestructura.....	83
4.2.3.	Mantenimiento	83
4.2.4.	Capacitación del personal	84
4.2.5.	Valor Presente Neto.....	84
4.2.6.	Tasa interna de retorno.....	86
4.2.7.	Relación beneficio/costo	87
4.3.	Cronograma de actividades	87
5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA.....	89
5.1.	Plan de monitoreo del sistema de ventilación	89
5.1.1.	Programación	90
5.1.1.1.	Mantenimientos programados	94
5.1.1.2.	Mantenimientos preventivos.....	94

CONCLUSIONES 97
RECOMENDACIONES 99
BIBLIOGRAFÍA 103
ANEXOS 105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.....	4
2.	Organigrama de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.....	9
3.	Biblioteca EFPEM	14
4.	Organigrama de la biblioteca de la EFPEM.....	16
5.	Fuentes generadoras de calor.....	25
6.	Ambiente en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.....	34
7.	Área de estudios de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales	34
8.	Plano del ambiente administrativo de la biblioteca de la EFPEM	36
9.	Plano de la sala de exposiciones de la biblioteca de la EFPEM.....	36
10.	Plano del ambiente de estudio de la biblioteca de la EFPEM.....	37
11.	Ubicación de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales	41
12.	Ubicación de la biblioteca de la EFPEM.....	65
13.	Ahorros de energía basados en sistemas Inverter	71
14.	Especificaciones técnicas del equipo Lennox LI024CI/CO	72
15.	Plano de distribución del sistema de ventilación de Ciencias Jurídicas y Sociales	75
16.	Plano de distribución del sistema de ventilación de la EFPEM.....	78
17.	Flujo de efectivo	85
18.	Tipos de mantenimiento	91
19.	Operaciones de mantenimiento.....	91

TABLAS

I.	Humedad en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.....	19
II.	Temperatura en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.....	20
III.	Humedad en la biblioteca de la EFPEM.....	21
IV.	Temperatura en la biblioteca de la EFPEM.....	21
V.	Renovación de aire en espacios administrativos y uso público de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.....	22
VI.	Renovación de aire en espacios bibliográficos de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales	23
VII.	Ganancias de calor en equipo en el ambiente administrativo de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.....	25
VIII.	Ganancias de calor en luminarias en el ambiente administrativo de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.....	26
IX.	Ganancias de calor en equipo en el ambiente administrativo de la biblioteca de la EFPEM	27
X.	Ganancias de calor en luminarias en el ambiente administrativo de la biblioteca de la EFPEM	28
XI.	Ganancias de calor en equipo en el ambiente de estudio de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.....	29
XII.	Ganancias de calor en iluminación en el ambiente de estudio de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.....	29
XIII.	Ganancias de calor en iluminación en el ambiente de estudio de la biblioteca de la EFPEM	30
XIV.	Ganancias de calor en equipo en el ambiente de colecciones de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.....	31
XV.	Ganancias de calor en iluminación en el ambiente de colecciones de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales	32
XVI.	Carga térmica tolerable en ambientes	40

XVII.	Dimensiones 1 de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales	41
XVIII.	Dimensiones 2 de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales	42
XIX.	Superficie de techo de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales .	42
XX.	Diferencia de temperatura para cargas de enfriamiento en techos planos	43
XXI.	DTCE para calcular carga de paredes.....	44
XXII.	Grupos de construcciones de paredes	45
XXIII.	Corrección de la DTCE por latitud y mes, para aplicar a paredes y techos, latitud norte.....	46
XXIV.	Variables de la carga térmica del techo.....	47
XXV.	Carga de techo.....	48
XXVI.	Variables para el cálculo del DTCE	49
XXVII.	Variables para el cálculo de la carga térmica en pared norte	49
XXVIII.	Variables para el cálculo de la carga térmica en pared oeste.....	50
XXIX.	Diferencias de conducción de carga de enfriamiento a través de un vidrio	51
XXX.	Coeficiente global U de transferencia de calor para el vidrio (BTU/h*ft ² *°F).....	51
XXXI.	Variables para el cálculo de la carga térmica DTCE en ventana norte	52
XXXII.	Variables para el cálculo de la carga térmica en ventana norte.....	52
XXXIII.	Variables para el cálculo de la carga térmica en ventana oeste	53
XXXIV.	Radiación solar a través de vidrio con factores de ganancia máxima de calor solar para un vidrio BTU/h*pie ²	55
XXXV.	Coeficiente para vidrio con o sin sombreado interno	56
XXXVI.	Factores de carga de enfriamiento para vidrio con sombreado interno	56
XXXVII.	Variables de radiación en ventanas norte	57
XXXVIII.	Variables de radiación en ventanas oeste	58
XXXIX.	Variables de carga térmica con ventilación sensible	59
XL.	Variables de carga térmica con ventilación latente.....	59

XLI.	Carga térmica debida a personas	60
XLII.	Variables de carga térmica sensible	61
XLIII.	Variables de carga térmica latente.....	61
XLIV.	Variables de carga térmica de aparatos eléctricos.....	62
XLV.	Realizando el cálculo para computadora estándar	62
XLVI.	Carga de aparatos eléctricos	63
XLVII.	Variables para carga térmica por luminarias	63
XLVIII.	Carga térmica total calculada para la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales	64
XLIX.	Dimensiones 1 de la biblioteca de la EFPEM.....	66
L.	Dimensiones 1 de la biblioteca de la EFPEM.....	66
LI.	Superficie de techo de la biblioteca de la EFPEM.....	66
LII.	Carga térmica total calculada para la biblioteca de la EFPEM	67
LIII.	Distribución de toneladas en equipos	71
LIV.	Distribución de toneladas en equipos	76
LV.	Costo de equipos para la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales	82
LVI.	Costo de equipos para la biblioteca de la EFPEM	82
LVII.	Costos de equipo convencional e Inverter	84
LVIII.	Cronograma de actividades	87
LIX.	Operaciones de mantenimiento	92
LX.	Medidas en máquinas frigoríficas	92
LXI.	Operaciones de mantenimiento	92

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°	Grado
°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit
H	Hora
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
ft	Pie
ft ²	Pie cuadrado
ft ³	Pie cúbico
%	Porcentaje
in	Pulgada
tr	Tonelada de refrigeración
ton	Toneladas
V	Voltaje
W	Watts

GLOSARIO

Abocardador	Herramienta utilizada en la instalación de equipos de aire acondicionado, la cual se utiliza para ensanchar la boca de la tubería de cobre.
Armaflex	Polímero tipo espuma que posee condiciones y características aislantes que controlan la condensación.
ASHRAE	Asociación Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado, por su siglas en inglés American Society of Heating, refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
BTU	Unidad Térmica Británica (British Therman Unit), calor que se elimina o se agrega a una libra de agua pura para reducir o aumentar su temperatura en un grado Fahrenheit.
Ductería	Sistema que se utiliza para la conducción del refrigerante y compuestos eléctricos, el cual puede ser un ducto rectangular que puede ser rígido o flexible
EFPEM	Escuela de Formación de Profesores de Enseñanza Media.

Refrigerante	Sustancia que absorbe calor cuando se evapora y elimina calor en el momento que se condensa.
Tonelada de refrigeración	Cantidad de calor que absorbe una tonelada de hielo sólido para su fusión en 24 horas, siendo equivalente a 12 000 BTU/h.
SEER	Seasonal Energy Efficiency Ratio. Índice de eficiencia energética, se utiliza para calificar los equipos de aire acondicionado.
Inverter	Dispositivo electrónico capaz de regular el ingreso de voltaje, corriente y frecuencia al equipo para que este funcione con una alta eficiencia.
Ganancias de calor	Ganancia de calor es la transferencia de energía térmica de un cuerpo caliente a un cuerpo frío.
Cargas térmicas	Fenómeno provocado por factores externos o internos que alteran la temperatura y la humedad de un ambiente específico.
Norma ASHRAE	ASHRAE fue concebida en 1959 como la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado.
DTCE	Diferencia de Temperatura para Carga de Enfriamiento.

RESUMEN

La biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales y la biblioteca de la EFPEM cuentan con características totalmente diferentes una de la otra, por ello se deben analizar por separado, con el fin de determinar la correcta climatización para cada una.

Para determinar los equipos adecuados a utilizar en cada una de las bibliotecas se realizó un análisis del sistema actual de ventilación existente, expuesto en el capítulo 2, determinando la temperatura y el porcentaje de humedad presente en los diferentes ambientes.

Determinada la situación actual que existe en ambas bibliotecas, en el capítulo 3 se realizó el cálculo de la cantidad BTU/h y el tonelaje de refrigerante necesarios para brindar una óptima renovación de aire, información necesaria para establecer una propuesta de adquisición del equipo de ventilación.

En el capítulo 4 se define el desarrollo necesario para que se instale el equipo de ventilación, al igual que el análisis financiero de la propuesta. Por último, en el capítulo 5 se propone un plan de monitoreo al equipo instalado.

OBJETIVOS

General

Proponer un sistema óptimo de ventilación artificial en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales y en la biblioteca de la EFPEM.

Específicos

1. Implementar una adecuada renovación de aire en las diferentes áreas de ambas bibliotecas.
2. Evitar el deterioro de las colecciones y material bibliográfico.
3. Controlar de manera adecuada la temperatura dentro de los diferentes ambientes.
4. Brindar una propuesta dentro de los parámetros del presupuesto de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
5. Proponer un diseño de instalación óptimo para el sistema de ventilación determinado.
6. Establecer normas de mantenimiento necesarias para extender la vida útil del sistema de ventilación a implementar.

7. Proponer sistemas de mejora en infraestructura, para conservar de mejor manera las colecciones y material bibliográfico.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de graduación se desarrolla a través del análisis de ventilación actual y el establecimiento de una propuesta del sistema óptimo de ventilación para las condiciones actuales de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales y la Biblioteca de la EFPEM de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales atiende un aproximado de 160 personas diariamente, y, en su colección de documentos, se encuentran cientos de trabajos de graduación, tesis y libros. Cuenta con un sistema de ventilación de aire acondicionado que no cumple con la renovación de aire necesaria en las áreas de estudio, pues la temperatura máxima observada es de 28,15 °C, considerando que, de acuerdo a las normas ASHRAE de acondicionamiento, debe existir una temperatura de 25 °C para obtener una sensación de *comfort*.

De igual manera, la biblioteca de la EFPEM, con un área menor a la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales, atiende un aproximado de 50 personas diariamente, con una colección de material didáctico en crecimiento. Se encuentra en similares condiciones que la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales, dado que se observó una temperatura máxima de 26,22 °C.

La investigación comprende 5 capítulos, en estos se especifican los datos encontrados en la investigación y la información necesaria para la implementación del nuevo sistema de ventilación. El primer capítulo contiene los antecedentes generales de ambas bibliotecas, su organización y los aspectos importantes de la ventilación, natural y artificial.

El segundo capítulo muestra la situación actual de las bibliotecas, las distribuciones de las estructuras, el personal y el material con el cual se trabaja dentro de ella. En el tercer capítulo se encuentra la propuesta del diseño apropiado y recomendado para la situación encontrada en las instalaciones, los tipos de ventilación y la propuesta final de mejora para el sistema.

El cuarto capítulo estipula la implementación del sistema propuesto, conteniendo la inversión, la descripción y cronograma de las actividades a realizar. Por último, el quinto capítulo determina los métodos de mantenimiento y seguimiento del sistema de ventilación instalado.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales

La Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales fue creada por el Artículo 22 de la Ley Orgánica de Instrucción Superior, de fecha 1 de julio de 1875. El 9 de diciembre de ese mismo año se emitió el Reglamento de la Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Políticas y Sociales. Desde entonces es la encargada de organizar y desarrollar la investigación jurídica y social orientada hacia el examen y solución de los problemas nacionales y de los que son comunes a las otras naciones americanas, además de propiciar el estudio y la investigación de las ciencias sociales, jurídicas y políticas. Actualmente, el edificio S-7 es utilizado como área administrativa, cuenta con un laboratorio de informática ubicado en el tercer nivel del edificio S-5 y, para el desarrollo de las actividades académicas, utiliza los edificios S-2 y S-12.

1.1.1. Historia

El 31 de enero de 1676, el Monarca Español Carlos II promulga la Real Cédula de Fundación de la Universidad, donde se instituye con toda brevedad las siete cátedras que debían formarla, entre ellas estuvieron: Teología Escolástica, Teología Moral, Cánones, Leyes, Medicina y dos de lenguas. En 1681 se marca el inicio de la vida universitaria en la ciudad de Santiago de los Caballeros de Guatemala, con el entusiasmo estudiantil, dictando la Cátedra Prima de Leyes el Licenciado Antonio Dávila Quiñónez desde el 10 de febrero de aquella fecha. La jornada nocturna data del año 1681, que fue cuando se comenzaron a dar cursos de Cánones y Leyes. Con el fin de coadyuvar a reducir

los inconvenientes de espacio, se implementa una segunda jornada, la de la mañana, la cual funcionó una temporada en el año 1971, pero por las situaciones políticas que vivió la Universidad de San Carlos de Guatemala y por el número bajo de personas interesadas en el horario fue cerrada. A partir del 24 de Julio de 1985 se implementa la jornada vespertina y se reabre la jornada matutina en el período 1988-1992, completándose las tres jornadas actuales.

1.1.2. Misión

“La Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales es la Unidad Académica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, encargada de la capacitación, formación y graduación de los estudiantes, mediante la investigación, la docencia y la extensión, proporcionando a la sociedad Abogados y Notarios, con conocimientos sobre las ciencias jurídicas y sociales y la realidad nacional. Sus graduados obtienen, además de los títulos de Abogado y Notario, el grado académico de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales y una pre-especialidad en Derecho Constitucional y Derechos Humanos, Derecho Penal, Derecho Laboral o Derecho Civil y Mercantil, contribuyendo así al cumplimiento de los objetivos de la Universidad de San Carlos de Guatemala de desarrollar la educación universitaria estatal, así como la difusión de la cultura en todas sus manifestaciones que por mandato constitucional está llamada a cumplir.”¹

1.1.3. Visión

“La visión de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales se concreta a que sus graduados sean personas altamente capacitadas en su especialidad, con excelencia académica, con visión de las ciencias jurídicas y sociales, relacionada con la realidad nacional, a corto, mediano y largo plazo, con altos valores morales

¹ USAC. *Catálogo de estudios. Derecho. Misión.*
<https://www.usac.edu.gt/catalogo/derecho.pdf>. Consulta: 12 de mayo de 2017.

y éticos, con la misión fundamental de fortalecer el Estado de Derecho sobre la base de la Justicia en congruencia con los deseos de una paz firme y duradera.”²

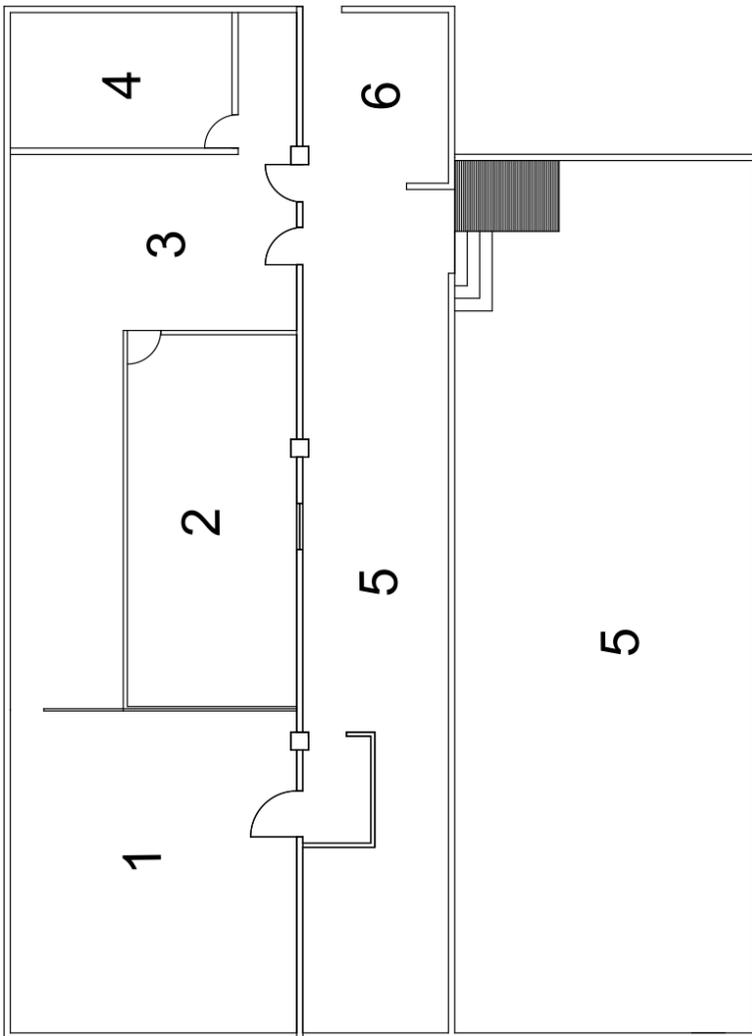
1.1.4. Biblioteca de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales

La biblioteca Francisco Rolando Velásquez González, de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, es una unidad de apoyo a docentes y estudiantes de esta Facultad y a investigadores en general de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Provee información bibliográfica y documental en el ramo de las Ciencias Jurídicas y Sociales y otras disciplinas afines. La misma se encuentra ubicada en el edificio S-5, primer nivel, del campus universitario, zona 12. Las áreas con las que cuenta se muestran en la figura 1.

² USAC. *Catálogo de estudios. Derecho. Visión.*
<https://www.usac.edu.gt/catalogo/derecho.pdf>. Consulta: 12 de mayo de 2017.

Figura 1. **Biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**

No.	Área
1	Catálogo vespertino-nocturno
2	Catálogo matutino
3	Oficina 1
4	Oficina 2
5	Área de estudio
6	Área de impresión



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

En los siguientes 6 incisos se describen la historia, misión, visión, valores, tipos de servicios y estructura organizacional de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.

1.1.4.1. Historia

La centralización de las bibliotecas especializadas nace con el traslado de las Facultades al *campus* central de la Ciudad Universitaria ubicada en la zona 12, Avenida Petapa. La biblioteca de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales realizó su traslado del 20 de septiembre al 04 de noviembre de 1974, integración que duro ocho años.

En el año 1982, en Acta No. 3-82 celebrada por la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, se hace hincapié en la urgente necesidad de contar con una biblioteca especializada, coadyuvando la aprobación en el Punto 9º del Acta No.43-79, celebrada por el Consejo Superior Universitario, donde se autoriza a las Unidades Académicas que así deseen efectuar la separación y traslado del material bibliográfico de las distintas disciplinas.

La anterior acción fue promovida en febrero del año de 1982 por el Sr. Decano de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales Lic. Francisco Rolando Velázquez González (q.e.p.d). Las gestiones conllevaron tiempo para cumplir con los debidos procedimientos administrativos, el 10 de enero de 1984, aún en el proceso de revisión y traslado, se inician las labores con pesar, ya que el 20 de diciembre del año de 1983 muere el Sr. Decano Velázquez González, un ser humano con ideales, iniciador y propulsor de la descentralización de la colección de la biblioteca Central, en tal sentido, sin lograr ver el sueño cumplido, que consistía en el desarrollo de una Biblioteca Especializada en el área de las

Ciencias Jurídicas. El Sr. Decano en funciones, Lic. Rafael Godínez Bolaños propone que la biblioteca reciba el nombre de tan loable profesional, por sus acciones y visión.

En sesión celebrada por la Junta Directiva de esta Facultad, en el Punto 8º del Acta No. 11-84 de fecha 30 de abril de 1984, otorga el nombre de Lic. Francisco Rolando Velázquez González a la biblioteca de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, lo cual representa un alto compromiso por la admiración del profesional que confió y depositó todo su apoyo para hacer realidad el proyecto de la creación, ejecución y desarrollo de esta Biblioteca Especializada en la disciplina del Derecho.

La biblioteca Lic. Francisco Rolando Velázquez González formó parte de la biblioteca Central hasta el año 1983. Luego se traslada el acervo a la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, en el *campus* universitario, en el edificio S-5. Fue creada para apoyar el proceso enseñanza-aprendizaje dentro de la especialidad de esta Unidad Académica, la cual ejerce las funciones de contribuir con la docencia y la investigación a través de fuentes bibliográficas en el área de las Ciencias Jurídicas y Sociales. No obstante, pretende la cobertura de otros sectores interesados en el campo de la especialidad o afines a la misma.

1.1.4.2. Misión

“Conservar organizado sistemáticamente el material bibliográfico de la biblioteca, proporcionando a los usuarios, especialmente estudiantes de las Ciencias Jurídicas y Sociales, profesionales, trabajadores, etc., el material bibliográfico en el área de la especialidad y ciencias afines de su interés. En apoyo a la misión de la Universidad en general, en cuanto al fomento de la cultura y el

desarrollo de la enseñanza - aprendizaje e investigación jurídico - social en general³.

1.1.4.3. Visión

“Ser un órgano auxiliar importante en la función de enseñanza - aprendizaje. Como un centro de difusión de los conocimientos contenidos en los documentos que forman parte del acervo bibliográfico de la biblioteca, en apoyo a la docencia impartida en la Facultad de Ciencias Jurídica y Sociales de la Universidad de San Carlos de Guatemala”⁴.

1.1.4.4. Valores

- Valores operativos:
 - Respeto: valorar a los demás conforme a su individualidad, considerando su dignidad, atendiendo un servicio con respeto, amabilidad y cortesía, sin distinción de raza, credo o color.
 - Responsabilidad: cumplir con el compromiso adquirido en apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje e investigación, conforme los objetivos y metas de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales.
 - Eficiencia: motivar el trabajo en equipo y la formación continua en la formación del personal.
 - Excelencia: trabajar en forma proactiva para enfrentar los cambios que conlleva la sociedad y adaptarlos al mejoramiento de los servicios.

³ Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. *Catálogo público en línea. Biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales. Misión*. <http://derecho.usac.edu.gt/espabiblio/opac/mision.php>. Consulta: 2018.

⁴ Ibid

- Honestidad: hacer prevalecer los derechos de propiedad intelectual y de la protección de datos.
- Valores de servicios:
 - Proporcionar acceso a la información en el área de las Ciencias Jurídicas y Sociales.
 - Capacitar usuarios responsables en la disseminación y selección de la información, con habilidades críticas.
 - Potenciar el capital intelectual y tecnológico a favor de los usuarios de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.

1.1.4.5. Tipos de servicios

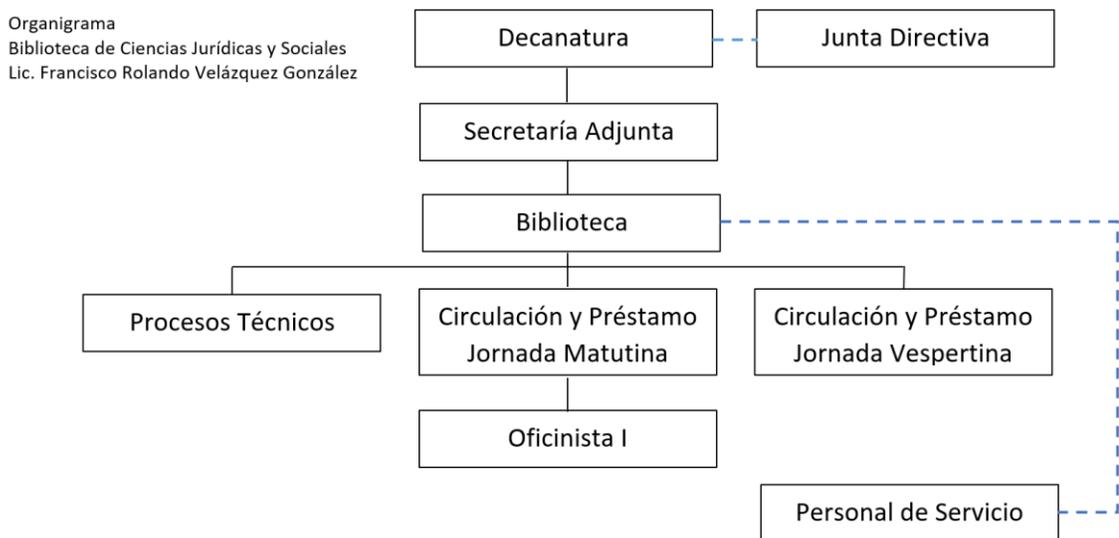
Los servicios que actualmente brinda la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales se presentan a continuación:

- Préstamo interno
- Anaquel cerrado
- Reprografía
- Referencia
- Catálogo electrónico
- Internet
- Catálogo manual (autor, título, materia)
- Educación al usuario
- Sala de lectura

1.1.4.6. Estructura organizacional

La figura 2 presenta de manera gráfica la estructura organizacional de la biblioteca Lic. Francisco Rolando Velázquez González, con sus niveles jerárquicos para los diferentes puestos de trabajo:

Figura 2. **Organigrama de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**



Fuente: elaboración propia.

1.2. EFPEM

Actualmente, la EFPEM ofrece las carreras de Profesorado en Enseñanza Media en: a) Matemática y Física b) Química-Biología c) Lengua y Literatura d) Económico-Contables e) Computación e Informática f) Educación Bilingüe Intercultural con énfasis en Cultura Maya g) Ciencias Básicas para Contextos Multiculturales h) Educación Primaria Intercultural Bilingüe.

Licenciaturas en la Enseñanza de: a) Matemática y Física b) Química y Biología c) Económico-Contable d) Lengua y Literatura. Además, Licenciaturas en a) Educación Bilingüe Intercultural con Énfasis en la Cultura Maya b) Educación para Contextos Multiculturales con énfasis en la Enseñanza de los Idiomas Mayas c) Innovaciones Educativas con Énfasis en Procesos de Aprendizaje. Así como programas de Postgrado, tales como: Maestría en Educación con Orientación en Medio Ambiente, Maestría en Educación con Énfasis en Modelos Alternativos. También desarrolla los programas siguientes: Galileo, cuyo propósito es profesionalizar y actualizar a profesores en servicio en las áreas de la Física, Química, Biología, Matemática y Lenguaje, y jornadas de Matemática.

En los 3 incisos siguientes se presenta la historia, misión y visión de la EFPEM.

1.2.1. Historia

El 7 de febrero de 1967 se firmó el convenio de cooperación entre el Ministerio de Educación y la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del cual se persigue coordinar esfuerzos para promover el mejoramiento y desarrollo de la educación nacional en general y de manera especial la educación media.

En diciembre de 1967 se publicó el proyecto de creación de la Escuela de Formación de Profesores de Enseñanza Media, como la institución rectora de la formación de maestros de educación media a nivel nacional. El 12 de noviembre de 1968, por acuerdo No. 6733 de la Rectoría de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se creó la Escuela de Formación de Profesores de Enseñanza

Media (EFPEM) como una entidad académica ejecutora dependiente de la Facultad de Humanidades.

Antes de 1968 Guatemala no contaba con alguna institución especializada para formar Profesores de Enseñanza Media, por lo que surgió entonces la Escuela de Formación de Profesores de Enseñanza Media, para dar respuesta a la demanda de profesores que el país presentaba. Inicialmente, la EFPEM surge como parte de un convenio de cooperación entre el Ministerio de Educación, la Universidad de San Carlos y el Fondo de las Naciones Unidas para la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

En 1967 fue implementado el programa de extensión adscrito a la Facultad de Humanidades, siendo aprobado por el Consejo Superior Universitario en Acta No. 956 inciso d., habiendo iniciado en Huehuetenango y Cobán como un programa de profesionalización de profesores en servicio, que ahora se conoce como Programa de Secciones Departamentales, el cual contó con infraestructura administrativa y financiera, dependiente de la Escuela de Formación de Profesores de Enseñanza Media hasta su separación el 22 de julio de 1998.

El estatuto de la EFPEM fue aprobado por el Consejo Superior Universitario en Acta No. 1087 Punto Quinto, con fecha 13 de febrero de 1971, y establece claramente en su artículo 2 que esta escuela funciona como una Unidad Académica de la Universidad de San Carlos, encargada de organizar y supervisar la formación de personal docente para el nivel de educación media en todo el país. El edificio de la EFPEM quedó totalmente construido en abril de 1974. En 1970 se inician los estudios en los Profesorados Científicos en plan diario y, más tarde, en 1986, se plantean para el plan sabatino.

En 1977 se inician los estudios de profesorado de Económico Contable, plan sabatino, y en 1986 se inauguran los estudios del Profesorado en Lengua y Literatura. En el año 2000 se aprueba y entra a funcionar el Profesorado de Enseñanza Media en Informática y Computación. La EFPEM gestionó por varios períodos su separación de la Facultad de Humanidades y el 22 de julio de 1998 el Honorable Consejo Superior Universitario otorga la separación definitiva en el punto Sexto del Acta 10-98. En este acuerdo las Secciones Departamentales que pertenecían a la Escuela pasaron a depender de la Facultad de Humanidades.

1.2.2. Misión

“Somos una Escuela no facultativa de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con excelencia académica en el funcionamiento de todos sus programas, responsable de la formación de profesionales de alta calidad, en el campo de la docencia, en los distintos niveles del sistema educativo nacional, y que, basados en la investigación, la docencia y la extensión, contribuimos al fortalecimiento del proceso educativo en el ámbito nacional, trabajando con ética, responsabilidad y compromiso con el desarrollo ambiental sostenible.”⁵

1.2.3. Visión

“Ser la unidad académica de la Universidad de San Carlos de Guatemala que coadyuva a la formación del profesional docente del sistema educativo nacional, con bases científica, tecnológica y humanística, que promueven una cultura ambiental sostenible; que se fundamenten en las nuevas corrientes pedagógicas, capaces de cubrir las necesidades de la educación nacional en un contexto intercultural, cimentados en los valores éticos y morales de un profesional

⁵ EFPEM, USAC. *Quiénes somos. Misión.* <https://www.efpemusac.org/quienes-somos>. Consulta: 15 de agosto de 2018.

de la educación. Contamos con un cuerpo docente altamente calificado y personal administrativo capacitado al servicio de nuestros usuarios.”⁶

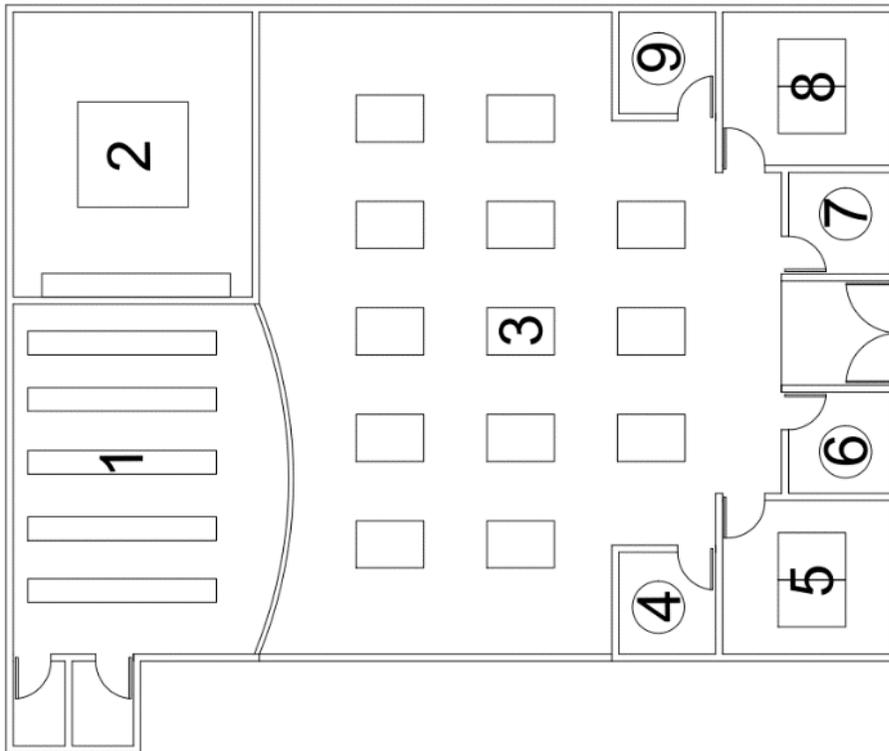
1.2.4. Biblioteca EFPEM

La biblioteca Miguel Ángel Xoyón de la EFPEM cuenta con recursos audiovisuales que proporcionan ayuda didáctica-pedagógica a los docentes, para que realicen el proceso de enseñanza-aprendizaje en forma dinámica y acorde a las características de las carreras y de la población estudiantil. La biblioteca atiende al público en horario de 10:00 a 20:00 horas, de lunes a viernes, y sábados de 8:00 a 18:00 horas. Las áreas que conforman la biblioteca se muestran en la figura 3:

⁶ EFPEM, USAC. *Quiénes somos. Visión*. <https://www.efpemusac.org/quienes-somos>. Consulta: 15 de agosto de 2018.

Figura 3. **Biblioteca EFPEM**

No.	Área
1	Área administrativa/colección
2	Área de exposiciones
3	Área de estudios
4	Sala de estudio 1
5	Sala de estudio 2
6	Sala de estudio 3
7	Sala de estudio 4
8	Sala de estudio 5
9	Sala de estudio 6



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

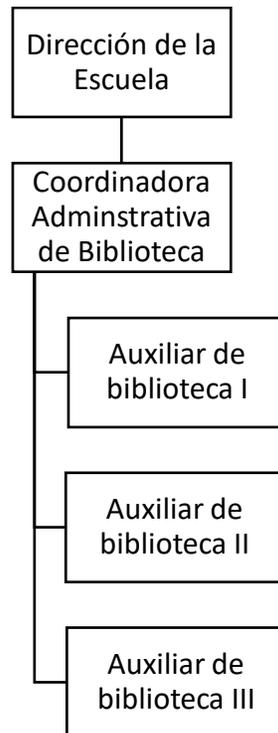
1.2.4.1. Tipos de servicios

- Préstamo interno de libros, tesis y publicaciones periódicas (a todo el público).
- Préstamo externo de libros, tesis y publicaciones periódicas (únicamente a estudiantes, docentes y personal administrativo de la Escuela).
- Consulta de catálogo de libros en red interna.
- Publicación de boletines de nuevas adquisiciones.
- Orientación a usuarios en el uso de los recursos de la biblioteca.

1.2.4.2. Estructura organizacional

En la figura 4 se muestra la organización de la biblioteca Miguel Ángel Xoyón de la EFPEM, con sus diferentes niveles jerárquicos y sus unidades administrativas:

Figura 4. **Organigrama de la biblioteca de la EFPEM**



Fuente: elaboración propia.

1.3. Ubicación

La ubicación de cada una de las bibliotecas determina los factores externos que puedan influir dentro del cálculo del sistema de ventilación que se pretende mejorar. Es por ello que ambas presentan condiciones distintas, por lo cual cada biblioteca se debe estudiar de manera separada.

1.3.1. Ubicación de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales

Se encuentra ubicada en el edificio S-5, primer nivel, del campus universitario de la zona 12.

1.3.2. Ubicación de la biblioteca de la EFPEM

Se encuentra ubicada en la Escuela de Formación de Profesores de Enseñanza Media, campus universitario de la zona 12.

2. ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Análisis de ventilación en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales

El análisis permite identificar la ventilación actual en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales, y con ello determinar las áreas y puntos de mejora. Para ello se analizaron factores de humedad y temperatura en los diferentes ambientes de la biblioteca con termómetro e higrómetro durante tres semanas en el mes de junio.

2.1.1. Humedad

La siguiente tabla muestra la humedad promedio de las diferentes áreas de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.

Tabla I. **Humedad en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**

Área	Humedad promedio
Área Administrativa (Oficina 1)	48%
Área Administrativa (Oficina 2)	47%
Área de Estudio	42.5%
Área de Colección (Matutina)	50%
Área de Colección (Vespertina-Nocturna)	48.25%

Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Temperatura

En la tabla presentada a continuación se muestra el promedio de las temperaturas máximas y mínimas registradas durante el mes de junio dentro de las instalaciones de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.

Tabla II. **Temperatura en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**

Área	Temperatura máx. promedio	Temperatura min. Promedio
Área Administrativa (Oficina 1)	26.65°	24.10°
Área Administrativa (Oficina 2)	26.50°	24.58°
Área de Estudio	28.15°	23.10°
Área de Colección (Matutina)	26.92°	24.50°
Área de Colección(Vespertina-Nocturna)	28.00°	23.18°

Fuente: elaboración propia.

2.2. Análisis de ventilación en la biblioteca de la EFPEM

Al igual que en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales, se deben analizar los factores de humedad y temperatura actuales de las diferentes áreas de la biblioteca de la EFPEM, evaluados durante tres semanas del mes de marzo. Esta información es necesaria para realizar la propuesta de optimización del sistema de ventilación.

2.2.1. Humedad

La siguiente tabla muestra la humedad promedio de las diferentes áreas de la biblioteca de la EFPEM.

Tabla III. **Humedad en la biblioteca de la EFPEM**

Área	Humedad promedio
Área administrativa/colección	45.5%
Área de exposiciones	45%
Área de estudio	42.5%
Sala de estudio 1	42%
Sala de estudio 2	43.5%
Sala de estudio 3	42%
Sala de estudio 4	42.5%
Sala de estudio 5	43%
Sala de estudio 6	42%

Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Temperatura

En la tabla siguiente se muestran los datos obtenidos de las temperaturas máximas y mínimas de las instalaciones de la biblioteca de la EFPEM.

Tabla IV. **Temperatura en la biblioteca de la EFPEM**

Área	Temperatura máx. promedio	Temperatura min. promedio
Área administrativa/colección	25.62°	22.50°
Área de exposiciones	24.32°	21.72°

Continuación tabla IV.

Área de estudio	26.22°	22.60°
Sala de estudio 1	25.52°	22.32°
Sala de estudio 2	24.70°	21.62°
Sala de estudio 3	24.68°	21.50°
Sala de estudio 4	25.20°	21.42°
Sala de estudio 5	24.72°	22.45°
Sala de estudio 6	25.02°	23.05°

Fuente: elaboración propia.

2.3. Renovación de aire en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales

Con base en el libro *Acondicionamiento de aire*, la cantidad de renovaciones recomendada para los diferentes ambientes de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales se especifica en los siguientes incisos.

2.3.1. Espacios administrativos y uso público

La tabla siguiente muestra la renovación recomendada en los ambientes de oficina y área de estudio:

Tabla V. **Renovación de aire en espacios administrativos y uso público de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**

Ambiente	Cantidad de renovaciones/hora
Oficinas	4-8
Estudios	5-7

Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Espacios bibliográficos

Para espacios bibliográficos donde se almacenan documentos y colecciones bibliográficas se recomienda que las renovaciones por horas sean calculadas con base en el porcentaje especificado en la siguiente tabla.

Tabla VI. **Renovación de aire en espacios bibliográficos de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**

Ambiente	Renovación de aire (m ³ /h/persona)
Depósitos bibliográficos	0.5% volumen del espacio por hora.

Fuente: elaboración propia.

2.4. Renovación de aire en la biblioteca de la EFPEM

Con respecto a las instalaciones de la biblioteca de la EFPEM se recomienda las cantidades de renovaciones especificadas a continuación:

2.4.1. Espacios administrativos y uso público

La cantidad de renovación de aire para ambientes administrativos es la misma indicada para la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales en la tabla V.

2.4.2. Espacios bibliográficos

La cantidad de renovaciones por hora que debe existir para los espacios de depósitos bibliográficos se especifica en la tabla VI.

2.5. Análisis de ambientes

Comprende la evaluación de los factores que crean una ganancia de calor en determinado ambiente, estos factores pueden ser el equipo eléctrico, el calor corporal, la radiación solar y la iluminación artificial.

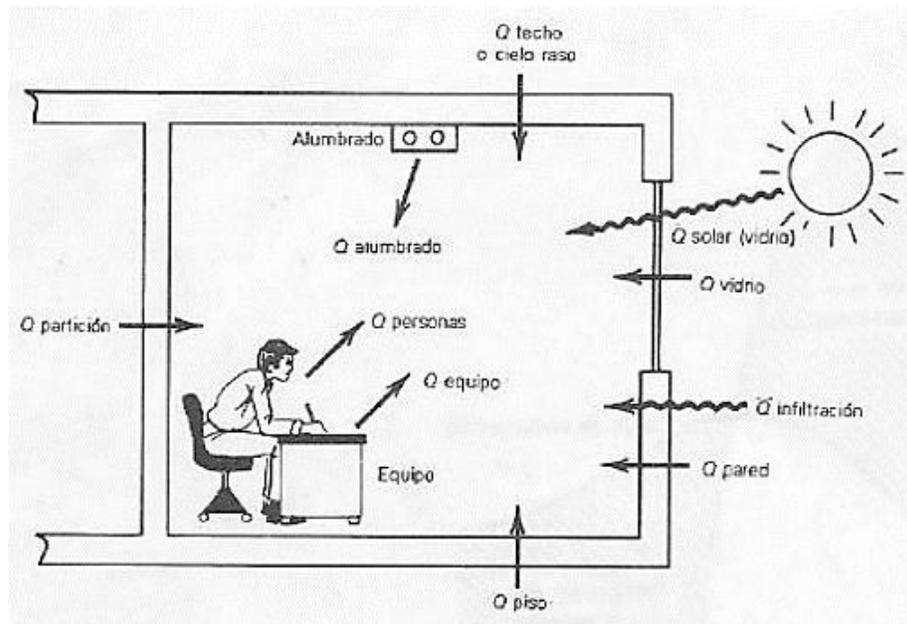
2.5.1. Ambiente administrativo en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales

Este ambiente se divide en dos oficinas, en la primera laboran generalmente tres personas, en la segunda de una a dos personas. El personal labora de seis a ocho horas diarias.

2.5.1.1. Ganancia de calor

Ganancia de calor es la transferencia de energía térmica de un cuerpo caliente a un cuerpo frío. Las ganancias de calor pueden originarse de equipo eléctrico, radiación solar, calor corporal e iluminación artificial. Con el fin de determinar la cantidad de aportación de calor de estos factores se analizaron los factores que crean ganancia de calor a los ambientes. En la figura 5 se muestra un ejemplo de las fuentes generadoras de calor:

Figura 5. Fuentes generadoras de calor



Fuente: PITA, Edward. *Acondicionamiento del aire, principios y sistemas*. p. 136.

2.5.1.2. Equipo

En la tabla siguiente se contabilizan los aparatos eléctricos generadores de calor para la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales, en su mayoría, equipo de oficina.

Tabla VII. **Ganancias de calor en equipo en el ambiente administrativo de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**

Aparto/Equipo	Cantidad
Computadora	3
Impresora	3

Continuación tabla VII.

UPS	3
Ventilador	1

Fuente: elaboración propia.

2.5.1.3. Iluminación

La iluminación existente en ambas oficinas es del tipo incandescente, de doble tubo, con reflector y difusor. La tabla siguiente muestra la cantidad existente en ambos ambientes:

Tabla VIII. **Ganancias de calor en luminarias en el ambiente administrativo de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**

Ambiente	Cantidad de Luminarias
Oficina 1	2
Oficina 2	1

Fuente: elaboración propia.

2.5.2. Ambiente administrativo en la biblioteca de la EFPEM

Este ambiente se compone de una oficina, la cual está compartida con el área de colección de la biblioteca, en que actualmente trabajan de 2 a 3 personas en un horario promedio de 8 horas diarias.

2.5.2.1. Ganancia de calor

Para determinar la ganancia de calor del ambiente administrativo de la biblioteca de la EFPEM, a continuación se especifican los equipos eléctricos e iluminación que se utilizarán en el capítulo 3 para determinar las cargas térmicas.

2.5.2.2. Equipo

Se muestran los equipos que contribuyen al aumento de calor, debido a que pasan encendidos la mayor parte del tiempo.

Tabla IX. **Ganancias de calor en equipo en el ambiente administrativo de la biblioteca de la EFPEM**

Aparto/Equipo	Cantidad
Computadora	3
Impresora	3
UPS	3
Ventilador	1
Servidor	1
Dispensador de Agua	1
Microondas	1

Fuente: elaboración propia.

2.5.2.3. Iluminación

El tipo de luminaria existente es incandescente, de doble tubo, con reflector y difusor de 40 vatios.

Tabla X. **Ganancias de calor en luminarias en el ambiente administrativo de la biblioteca de la EFPEM**

Ambiente	Cantidad de luminarias
Oficina 1	8

Fuente: elaboración propia.

2.5.3. Ambiente de estudio en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales

En este ambiente labora, de manera continua, una persona, las demás personas que ingresan son usuarios que generalmente ocupan este ambiente un promedio de 15min a 4 horas, en diferentes horarios. La cantidad de usuarios que utilizan diariamente las instalaciones es de 25 a 120 personas.

2.5.3.1. Ganancia de calor

En el ambiente de estudio de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales, los factores de ganancia de calor son los equipos eléctricos descritos en el punto 2.5.3.2, la cantidad de luminarias instaladas en el ambiente descritas en el punto 2.5.3.3, y la ganancia de calor atribuido a la cantidad de personas que utilizan las instalaciones.

2.5.3.2. Equipo

La tabla que se presenta a continuación describe la cantidad de aparatos eléctricos utilizados en el ambiente que aportan ganancia de calor:

Tabla XI. **Ganancias de calor en equipo en el ambiente de estudio de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**

Aparto/Equipo	Cantidad
Servidores	3
Computadores	3
UPS	3
Continuación tabla XI	
Ventilador	4
Fotocopiadora	2

Fuente: elaboración propia.

2.5.3.3. Iluminación

La iluminación persistente en este ambiente es del tipo luminaria incandescente, de doble tubo, con reflector y difusor de 40 vatios.

Tabla XII. **Ganancias de calor en iluminación en el ambiente de estudio de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**

Ambiente	Cantidad de Luminarias
Área de Estudio	19

Fuente: elaboración propia.

2.5.4. Ambiente de estudio en la biblioteca de la EFPEM

El área de estudio está dividida en la parte central de estudio, 6 salas de estudio y 1 sala de exposiciones. En el área central se presenta un promedio de 15 estudiantes, con un tiempo aproximado de uso de 15 min a 45 min.

2.5.4.1. Ganancia de calor

La ganancia de calor en este ambiente es aportada por la cantidad de luminarias, descritas en el punto 2.5.4.3, y la cantidad de personas que utilizan las instalaciones.

2.5.4.2. Equipo

En esta área no se utiliza equipo que genere una ganancia de calor considerable.

2.5.4.3. Iluminación

Las luminarias instaladas en este ambiente son del tipo incandescente, de doble tubo, con reflector y difusor de 40 vatios.

Tabla XIII. **Ganancias de calor en iluminación en el ambiente de estudio de la biblioteca de la EFPEM**

Ambiente	Cantidad de Luminarias
Oficina 1	14

Fuente: elaboración propia.

2.5.5. Ambiente de colecciones en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales

En el área de colección matutina laboran dos personas, al igual que en el área de colección vespertina. En la colección matutina, al ser un área cerrada, la cantidad de calor generada es mayor que en las demás áreas, esto es provocado por la ausencia de un sistema de renovación de aire adecuado.

2.5.5.1. Ganancia de calor

La ganancia de calor generada en este ambiente se atribuye al conjunto de las personas laborando en el lugar, los aparatos eléctricos y luminarias.

2.5.5.2. Equipo

Dentro del ambiente de colecciones se encuentra el equipo mostrado en la tabla XIV. Este equipo debe considerarse para determinar las renovaciones de aire necesarias para mantener una temperatura idónea.

Tabla XIV. **Ganancias de calor en equipo en el ambiente de colecciones de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**

Aparto/Equipo	Cantidad
Computadora	3
Impresora	2
UPS	3
Cafeteras	2
Microondas	1

Fuente: elaboración propia.

2.5.5.3. Iluminación

Al igual que en los ambientes ya analizados, en este punto se contabiliza la cantidad de luminarias que generan una aportación de ganancia de calor al ambiente de colecciones de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales.

Tabla XV. **Ganancias de calor en iluminación en el ambiente de colecciones de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**

Ambiente	Cantidad de Luminarias
Colección Matutina	8
Colección Vespertina-Nocturna	8

Fuente: elaboración propia.

2.5.6. Ambiente de colecciones en la biblioteca de la EFPEM

Este ambiente de colección comparte sus instalaciones con el ambiente administrativo analizado en el inciso 2.5.2.

2.5.6.1. Ganancia de calor

La ganancia de calor existente en este ambiente es la descrita en el apartado de ganancia de calor del inciso 2.5.2.1.

2.5.6.2. Equipo

El equipo utilizado en este ambiente se ha descrito en el inciso 2.5.2.2, sobre el equipo del ambiente administrativo de la biblioteca de la EFPEM.

2.5.6.3. Iluminación

La iluminación utilizada en este ambiente se ha descrito en el inciso 2.5.2.3 sobre la iluminación del ambiente administrativo de la biblioteca de la EFPEM.

2.6. Análisis de instalaciones físicas

El análisis de las características actuales de la infraestructura que posee cada una de las bibliotecas será utilizado para determinar si el sistema actual de ventilación cumple con las necesidades de los ambientes.

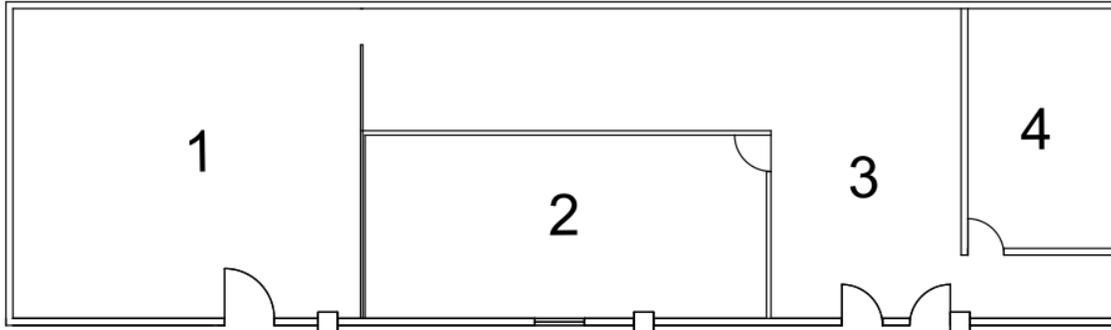
2.6.1. Biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales

La biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales se divide en las siguientes áreas:

- Área administrativa
- Área de Colección Matutina
- Área de Colección Vespertina-Nocturna

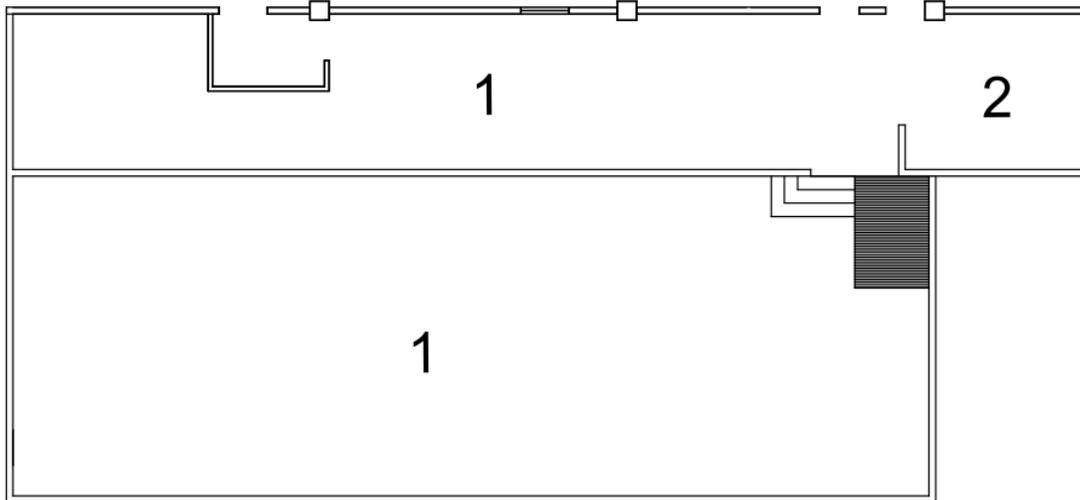
Las cuales se encuentran representadas en las figuras 6 y 7:

Figura 6. **Ambiente en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**



Ambientes: 1. Catálogo Vespertino-Nocturno, 2. Catálogo Matutino, 3. Oficina 1, 4. Oficina 2
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD

Figura 7. **Área de estudios de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**



Ambientes: 1. Área de estudio, 2. Área de impresión.
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD

2.6.1.1. Techos

El techo de la biblioteca está construido como una loza fundida tradicional, ya que la biblioteca se encuentra en un primer nivel de un edificio de cuatro

niveles. Este tipo de techo ayuda al aislamiento, tanto acústico como térmico, por el diseño que esta posee, pues al ser un primer nivel la cantidad de radiación térmica recibida directamente por el sol no se da por el techo de la biblioteca.

2.6.1.2. Paredes

Las paredes están construidas, en su mayoría, de mampostería, paredes de ladrillo y reforzadas con cemento corrido. Este tipo de paredes aporta un buen aislamiento térmico y acústico, así como una sólida construcción que previene la radiación directa de los rayos del sol. El área de la colección matutina se encuentra sellada con paredes de vidrio, esto para evitar el deterioro del material didáctico a causa de la humedad.

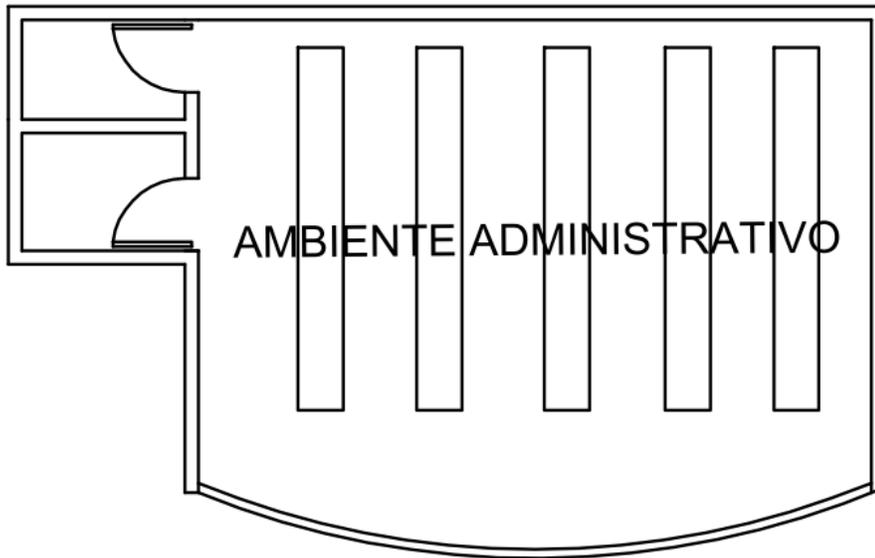
2.6.2. Biblioteca de la EFPEM

Está dividida en tres ambientes:

- Ambiente administrativo/colección
- Sala de exposiciones
- Ambiente de estudio

Los cuales se encuentran representados en las figuras 8, 9 y 10.

Figura 8. **Plano del ambiente administrativo de la biblioteca de la EFPEM**



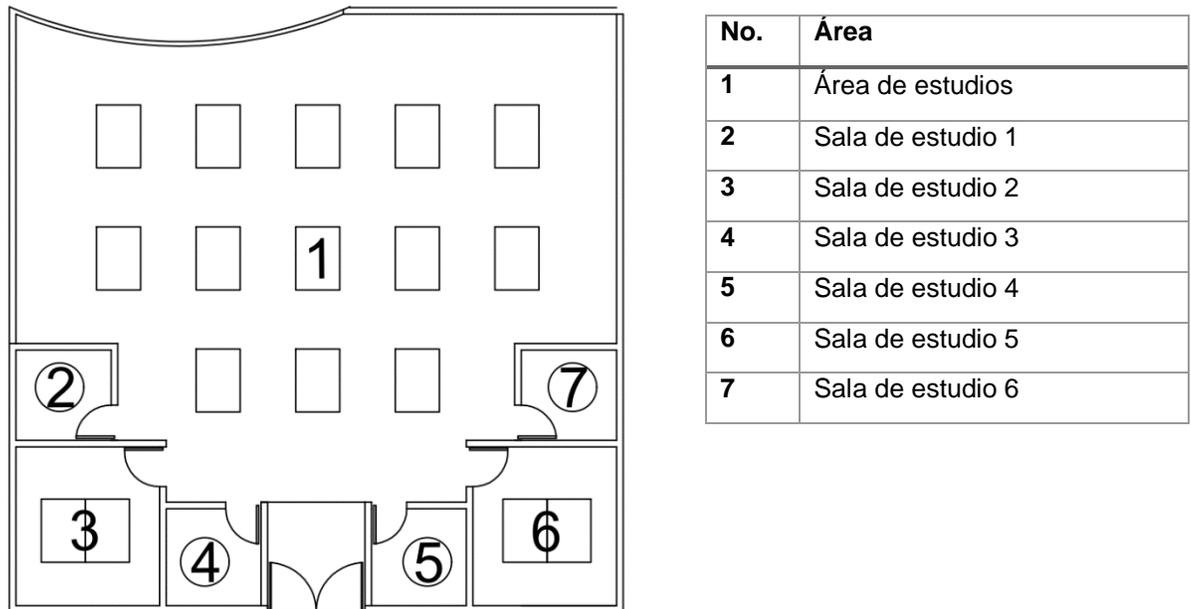
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 9. **Plano de la sala de exposiciones de la biblioteca de la EFPEM**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 10. **Plano del ambiente de estudio de la biblioteca de la EFPEM**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.6.2.1. Techos

El techo de la biblioteca es del tipo loza fundida tradicional, está expuesto directamente al sol, aunque en la parte interna cuenta con cielo falso debido a las remodelaciones a la biblioteca de la EFPEM.

2.6.2.2. Paredes

El tipo de material utilizado en la construcción de las paredes de la biblioteca de la EFPEM es de mampostería, con paredes de ladrillo reforzadas con cemento corrido.

3. PROPUESTA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

3.1. Cálculo de cargas térmicas

Una carga térmica es un fenómeno provocado por factores externos o internos que alteran la temperatura y la humedad de un ambiente específico. Para determinar la carga térmica necesaria para tener un ambiente agradable a las personas que utilizan las instalaciones de ambas bibliotecas es necesario que cumplan estándares de temperatura.

La Sociedad Americana de Aire Acondicionado, Refrigeración y Calefacción (ASHRAE), establece en la norma ASHRAE 55-1981, que la temperatura para una sensación confortable es de 25 °C. Cuando existe un aumento o una disminución con respecto a esta temperatura, el *comfort* e incluso la salud se ven afectados.

En la siguiente tabla, obtenida de la Norma AHSRAE 55-1981, se especifican los efectos causados a las personas, dependiendo del cambio de temperatura efectiva en los aspectos de sensación ambiental, efectos fisiológicos y efectos en la salud.

Tabla XVI. **Carga térmica tolerable en ambientes**

Escala de temperatura efectiva y su relación confort-salud en espacios cerrados (Temp. Bulbo Seco y 50% HR)				
Nueva Escala	Sensación		Efectos Fisiológicos	Efectos en la Salud
Temp. efectiva	Temperatura	Confort		
43 °C	Límite de tolerancia		Calentamiento del cuerpo	Colapso circulatorio
41 °C			Falla en la regulación	
39 °C	Muy caliente	Muy incomfortable	Incremento Stress por sudoración y flujo de sangre	Incremento posibilidades problemas cardiovasculares
36 °C	Caliente			
33 °C	Tibia	Incomfortable		
29 °C	Ligeramente tibia		Regulación normal por sudoración y c. vascular	
25 °C	Neutral	Confortable	Regulación por cambios vasculares	Salud normal
22 °C	Ligeramente fría			
18 °C	Fría	Ligeramente incomfortable	Mayor pérdida de calor seco, mas ropa o hacer ejercicio	
14 °C	Helada			Aumento quejas mucosa y piel seca (<10mmHG)
12 °C	Muy helada	Incomfortable	Vaso-constricción en mano y pies. Temblores del cuerpo	
10 °C				Dolor muscular, deterioro Circulación Periferia

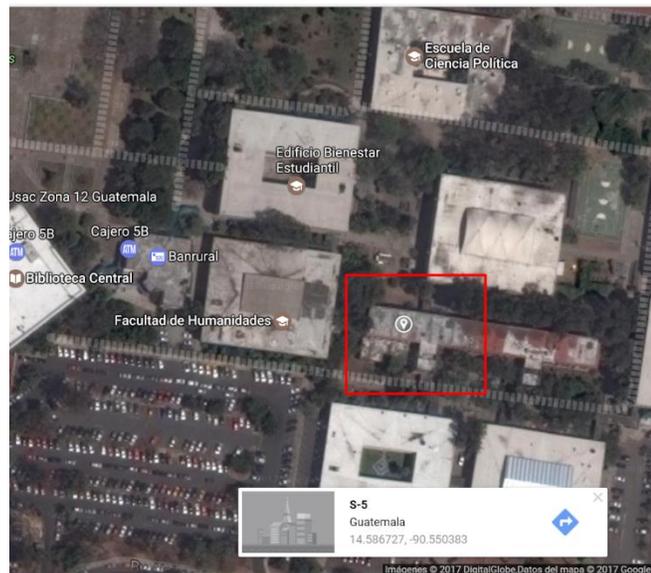
Fuente: Norma ASHRAE 55-1981. *Rangos aceptables en verano e invierno para personas sedentarias con ropa ligera.* Consulta: 19 de julio de 2017.

3.1.1. **Cálculo de cargas térmicas de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**

Para garantizar el *confort* en los diferentes ambientes de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales es necesario evaluar los factores internos y externos que aumentan la carga térmica de la biblioteca. Estos factores serán descritos y evaluados a continuación:

Los datos básicos para el cálculo de cargas térmicas son los siguientes: geoposicionamiento de biblioteca: latitud 14.586727, longitud -90.550383 (14°35'12.217”).

Figura 11. **Ubicación de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**



Fuente: Google Maps. <https://www.google.com/maps>. Consulta: 20 de julio de 2017.

Tabla XVII. **Dimensiones 1 de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**

Pared norte		Pared oeste	
Largo	Ancho	Largo	Ancho
79.89 ft	9.42 ft	58.83 ft	9.42 ft
Área: 752.75 ft ²		Área: 554.29 ft ²	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Dimensiones 2 de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**

Ventanas norte		Ventanas oeste	
Largo	Alto	Largo	Alto
79.89 ft	5.38 ft	34.45 ft	5.15 ft
429.85 ft ²		177.44 ft ²	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Superficie de techo de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**

Superficie techo		
Largo	Ancho	Área
79.89 ft	58.83 ft	4699.48 ft ²

Fuente: elaboración propia.

Para realizar el cálculo de las cargas térmicas se tomará en consideración los siguientes datos:

- Hora del día para ejecutar el cálculo: 12:00 pm.
- Mes del año para realizar el cálculo: abril (según estudios de INSIVUMEH el mes de mayor temperatura.)
- DTCE (Diferencia de Temperatura para Carga de Enfriamiento), con respecto a la hora y mes establecidos anteriormente, se seleccionará el índice correspondiente, ubicado en las tablas XX a la XXIII.

Tabla XX. Diferencia de temperatura para cargas de enfriamiento en techos planos

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

Fuente: G. PITA, Edward. *Acondicionamiento de aire*. p. 137

Tabla XXI. DTCE para calcular carga de pareces

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

Fuente: G. PITA, Edward. *Acondicionamiento de aire*. p. 138

Tabla XXII. Grupos de construcciones de paredes

Grupo No.	Descripción de la construcción	Peso lb/pie ²	Valor de U BTU/(h x p ² x°F)	Capacidad calorífica BTU/(p ² x°F)
Ladrillo de vista de 4 in + (ladrillo)				
C	Espacio de aire + ladrillo de vista de 3 in	83	0.358	18.3
D	Ladrillo común de 4 in	90	0.415	18.4
C	Aislamiento de 1 in o espacio de aire + ladrillo común de 4 in	90	0.174-0.301	18.4
B	Aislamiento de 2 in + ladrillo común de 4 in	88	0.111	18.5
B	Ladrillo común de 8 in	130	0.302	26.4
A	Aislamiento o espacio de aire + ladrillo común de 8 in	130	0.154-0.243	26.4
Ladrillo de vista de 4 in + concreto pesado				
C	Espacio de aire + concreto de 2 in	94	0.350	19.7
B	Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	97	0.116	19.8
A	Espacio de aire o aislamiento + concreto de 8 in o mas	143-190	0.110-0.112	29.1-38.4
Ladrillo de vista de 4 in + (bloque de concreto ligero o pesado)				
E	Bloque de 4 in	62	0.319	12.9
D	Espacio de aire o aislamiento + bloque de 4 in	62	0.153-0.246	12.9
D	Bloque de 8 in	70	0.274	15.1
C	Espacio de aire o aislamiento de 1 in + bloque de 6 u 8 in	73-89	0.221-0.275	15.5-18.5
B	Aislamiento de 2 in + bloque de 8 in	89	0.096-0.107	15.5-18.6
Ladrillo de vista de 4 in + (azulejo de barro)				
D	Azulejo de 4 in	71	0.381	15.1
D	Espacio de aire + azulejo de 4 in	71	0.281	15.1
C	Aislamiento + azulejo de 4 in	71	0.169	15.1
C	Azulejo de 8 in	96	0.275	19.7
B	Espacio de aire o aislamiento de 1 in + azulejo de 8 in	96	0.142-0.221	19.7
A	Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	97	0.097	19.8
Pared de concreto pesado+ (acabado)				
E	Concreto de 4 in	63	0.58	12.5
D	Concreto de 4 in + aislamiento de 1 o 2 in	63	0.119-0.200	12.5
C	Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	63	0.119	12.7
C	Concreto de 8 in	109	0.490	21.9
B	Concreto de 8 in + aislamiento de 1 o 2 in	110	0.115-0.187	22.0
A	Aislamiento de 2 in + concreto de 8 in	110	0.115	21.9
E	Concreto de 12 in	156	0.421	31.2
A	Concreto de 12 in + aislamiento	156	0.113	31.3
Bloque de concreto ligero y pesado + acabado				
F	Bloque de 4 in + espacio de aire o aislamiento	29-36	0.161-0.263	5.7-7.2
E	Aislamiento de 2 in + bloque de 4 in	29-37	0.105-0.114	5.8-7.3
E	Bloque de 8 in	41-57	0.294-0.402	6.3-11.3

Continuación tabla XXII.

D	Concreto de 8 in + espacio de aire o aislamiento	41-57	0.149-0.173	8.3-11.3
Azulejo de barro + acabado				
F	Azulejo de 4 in	39	0.419	7.8
F	Azulejo de 4 in + espacio de aire	39	0.303	7.8
E	Azulejo de 4 in + aislamiento de 1 in	39	0.175	7.9
D	Aislamiento de 2 in + azulejo de 4 in	40	0.110	7.9
D	Azulejo de 8 in	63	0.296	12.5
C	Azulejo de 8 in + espacio de aire o aislamiento de 1 in	63	0.151-0.231	12.6
B	Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	63	0.099	12.6
Pared de lamina				
G	Con o sin espacio de aire + 1,2 o 3 in de aislamiento	5-6	0.091-0.230	0.7
Pared de bastidor				
G	Aislamiento de 1 a 3 in	16	0.081-0.178	3.2

Fuente: G. PITA, Edward. Acondicionamiento de aire. p. 139

Tabla XXIII. Corrección de la DTCE por latitud y mes, para aplicar a paredes y techos, latitud norte

Latitud	Mes										
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	Hora
0	Dic	-3	-5	-5	-5	-2	0	3	6	9	-1
	Ene/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	-1
	Abr/Ago	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
	Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5
8	Dic	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Ene/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1
	Mar/Sept	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	Abr/Ago	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
	May/Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
	Jun	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7	-2
16	Dic	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13	-9
	Ene/Nov	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-3	-5	-5	-4	-2	0	2	5	7	-4
	Mar/Sept	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	-1
	Abr/Ago	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-5	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0
	Jun	6	4	4	1	-1	-4	-6	-8	-7	0
24	Dic	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	Ene/Nov	-4	-6	-8	-9	-6	-3	3	9	13	-11
	Feb/Oct	-4	-5	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
	Mar/Sept	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
	Abr/Ago	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2	-3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
	Jun	3	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1
32	Dic	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17

Continuación tabla XXIII.

	Ene/Nov	-5	-7	-9	-11	-8	-4	2	9	12	-15
	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	Mar/Sept	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	Abr/Ago	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	May/Jul	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	Jun	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	-4	2
40	Dic	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10	-21
	Ene/Nov	-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	-19
	Feb/Oct	-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	12	-14
	Mar/Sept	-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	-8
	Abr/Ago	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-3
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Jun	1	1	1	0	1	0	0	-1	-1	2
48	Dic	-6	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6	-25
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-13	-11	-8	-1	5	8	-24
	Feb/Oct	-5	-7	-10	-11	-8	-5	1	8	11	-18
	Mar/Sept	-4	-6	-6	-7	-4	-1	4	8	11	-11
	Abr/Ago	-3	-3	-3	-3	-1	0	4	6	7	-5
	May/Jul	0	-1	0	0	1	1	3	3	4	0
	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2

Fuente: G. PITA, Edward. Acondicionamiento de aire. p. 140

- Carga térmica en techo

Esta carga se calcula con la fórmula:

$$Q = U * A * DTCEe$$

Formula no. 1

Es necesario obtener el DTCE procediendo de la siguiente manera:

$$DTCEe = (DTCE + LM) * K + (78^{\circ}\text{F} - tr) + (to - 85^{\circ}\text{F}) * f$$

Formula no. 2

Tabla XXIV. **Variables de la carga térmica del techo**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALOR
DTCE	Temperaturas de la tabla XX Techo No. 6	23 °F
LM	Latitud-Mes: Se utilizará latitud 16, mes Abr/Ago y columna Hora (Utilizada para techos) de la tabla XXIII.	0
K	Corrección debido a color de la superficie: 1.00 Superficies oscuras o zonas industriales. 0.50 Techos de color claro en zonas rurales. 0.65 Paredes de color claro en zonas rurales.	1

Continuación tabla XXIV

Tr	Temperatura interna para bibliotecas y colegios (Fuente: Carrier Air Conditioning Company, System Design Manual).	75 °F
To	Temperatura diseño exterior promedio.	83 °F
f	Factor de corrección para ventilación 0.75 para ventiladores de entepiso (techo falso). 1.00 en los demás casos.	1

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo en la fórmula:

$$DTCEe = (23^{\circ}\text{F} + 0) * 1 + (78^{\circ}\text{F} - 75^{\circ}\text{F}) + (83^{\circ}\text{F} - 85^{\circ}\text{F}) * 1$$

$$DTCEe = 24^{\circ}\text{F}$$

La carga de techo se calculará con los datos siguientes:

Tabla XXV. **Carga de techo**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALOR
U	Coeficiente general de transferencia de calor, tabla XX Techo No. 6	$0.158 \frac{BTU}{h * ft^2 * ^{\circ}F}$
A	Área del techo	4699.48 ft ²
DTCE	Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento	24 °F

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo en la fórmula:

$$Q = 0.16 \frac{BTU}{h * ft^2 * ^{\circ}F} * 4699.48 \text{ ft}^2 * 24^{\circ}\text{F}$$

$$Q = 17820.41 \text{ BTU/h}$$

- Carga térmica en paredes
 - Cálculo en pared norte:

Es necesario obtener el DTCE procediendo con los siguientes valores:

Tabla XXVI. **Variables para el cálculo del DTCE**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALOR
DTCE	Temperatura de las tabla XXII Grupo D	26 °F
LM	Se utilizará latitud 16, mes Abr/Ago y columna "N" (Norte) de la tabla XXIII	-1
K	Corrección debido a color de la superficie: 1.00 Superficies oscuras o zonas industriales. 0.50 Techos de color claro en zonas rurales. 0.65 Paredes de color claro en zonas rurales.	1
Tr	Temperatura interna para oficinas, bibliotecas y colegios (Fuente: Carrier Air Conditioning Company, System Design Manual)	75 °F
To	Temperatura de diseño exterior promedio	83 °F
F	Factor de corrección para ventilación: 0.75 para ventiladores de entrepiso (techo falso). 1.00 en los demás casos.	1

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo en la fórmula:

$$DTCEe = (26 \text{ °F} + (-1)) * 1 + (78 \text{ °F} - 75 \text{ °F}) + (83 \text{ °F} - 85 \text{ °F}) * 1$$

$$DTCEe = 26 \text{ °F}$$

Obtenido el cálculo del DTCEe se procede a calcular la carga térmica.

Donde:

Tabla XXVII. **Variables para el cálculo de la carga térmica en pared norte**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALOR
U	Coeficiente general de transferencia de calor	$0.2 \frac{BTU}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$
A	Área de la pared	752.75 ft ²

Continuación tabla XXVII.

DTCE	Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento	26 °F
------	--	-------

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo en la fórmula:

$$Q = 0.2 \frac{BTU}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F} * 752.75 ft^2 * 26 ^\circ F$$

$$Q = 3914.32 BTU/h$$

- Cálculo para la pared oeste:

Esta carga se calcula con la fórmula:

$$Q = U * A * DTCEe$$

Formula no. 1

Donde:

Tabla XXVIII. Variables para el cálculo de la carga térmica en pared oeste

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALOR
U	Coeficiente general de transferencia de calor	$0.2 \frac{BTU}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$
A	Área de la pared	554.29 ft ²
DTCE	Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento.	26 °F

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo en la fórmula:

$$Q = 0.2 \frac{BTU}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F} * 554.29 ft^2 * 26 ^\circ F$$

$$Q = 2882.29 BTU/h$$

- Carga térmica en ventanas:

El cálculo térmico de ventanas se realizará dividiendo la carga en ventana norte y ventana oeste, utilizando los índices mostrados en las tablas XXIX y XXX.

Tabla XXIX. **Diferencias de conducción de carga de enfriamiento a través de un vidrio**

Hora	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
CLTD,F	0	-2	-2	0	4	9	13	14	12	8	4	2

Fuente: G. PITA, Edward. Acondicionamiento de aire. p. 142

Tabla XXX. **Coeficiente global U de transferencia de calor para el vidrio (BTU/h*ft²*°F)**

Paneles verticales (vidrio plano)			
Descripción	Exterior		Interior
	Invierno	Verano	
Vidrio plano			
Vidrio sencillo	1.10	1.04	0.73
Vidrio aislante doble			
Espacio de aire de 1/4 in	0.58	0.61	0.49
Espacio de aire de 1/2 in	0.49	0.56	0.46
Espacio de aire de 1/2in recubrimiento de baja emisión			
E=0.20	0.32	0.38	0.32
E=0.40	0.38	0.45	0.38
E=0.60	0.43	0.51	0.42
Vidrio aislante triple			
Espacio de aire de 1/4 in	0.39	0.44	0.38
Espacio de aire de 1/2 in	0.31	0.39	0.30
Ventanas dobles			
Espacio de aire de 1 in a 4 in	0.50	0.50	0.44

Fuente: G. PITA, Edward. Acondicionamiento de aire. p. 531

El coeficiente de transferencia expresado en la tabla XXX expresa la cantidad de calor que un vidrio puede transmitir hacia el interior de una habitación en determinado tiempo.

- Cálculo en ventana norte:

Se procede a obtener el DTCE con la fórmula no. 3:

$$DTCEe = (DTCE) + (78\text{ }^{\circ}\text{F} - tr) + (to - 85\text{ }^{\circ}\text{F})$$

Formula no. 3

Donde:

Tabla XXXI. **Variables para el cálculo de la carga térmica DTCE en ventana norte**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALOR
DTCE	Temperatura de la tabla XXIX, en horario de 12:00 pm	9 °F
Tr	Temperatura interna	75 °F
To	Temperatura de diseño exterior	83 °F

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo en la fórmula:

$$DTCEe = 9\text{ }^{\circ}\text{F} + (78\text{ }^{\circ}\text{F} - 75\text{ }^{\circ}\text{F}) + (83\text{ }^{\circ}\text{F} - 85\text{ }^{\circ}\text{F})$$

$$DTCEe = 10\text{ }^{\circ}\text{F}$$

Calculado el DTCE se procede a calcular la carga con los valores siguientes:

Tabla XXXII. **Variables para el cálculo de la carga térmica en ventana norte**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALOR
U	Coficiente general de transferencia de calor. Tabla XXX Vidrio Sencillo.	$1.04 \frac{BTU}{h*ft^2*^{\circ}F}$

Continuación de tabla XXXII

A	Área del vidrio.	429.85 ft ²
DTCE	Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento	10 °F

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo en la fórmula:

$$Q = 1.04 \frac{BTU}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F} * 429.85 ft^2 * 10 ^\circ F$$

$$Q = 4470.40 BTU/h$$

- Cálculo en ventana oeste:

Con el DTCE calculado para las ventanas del área norte se procede a calcular la carga para las ventanas del área oeste:

Donde:

Tabla XXXIII. **Variables para el cálculo de la carga térmica en ventana oeste**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALOR
U	Coeficiente general de transferencia de calor.	$1.04 \frac{BTU}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$
A	Área de ventana	177.44 ft ²
DTCE	Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento.	10 °F

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo en la fórmula:

$$Q = 1.04 \frac{BTU}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F} * 177.44 ft^2 * 10 ^\circ F$$

$$Q = 1845.41 BTU/h$$

- Carga térmica por radiación en ventanas

Para obtener el cálculo de la carga térmica producido por la radiación solar en ventanas se debe utilizar el factor mostrado en la tabla XXXIV, seleccionando el factor para el mes de abril, latitud 16°, y la orientación de la venta correspondiente. En la tabla XXXV se muestran los coeficientes de vidrios, dependiendo del grado de sombreado de los vidrios instalados, y por último, en la tabla XXXVI, se calculó el factor de carga de enfriamiento para vidrios sin sombreado interno.

Tabla XXXIV. Radiación solar a través de vidrio con factores de ganancia máxima de calor solar para un vidrio BTU/h*pie²

8°										
		NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE		
	N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW	S	HOR
En.	32	32	71	163	224	250	242	203	162	275
Feb.	34	34	114	193	239	248	219	165	110	294
Mar.	37	67	156	215	241	230	184	110	55	300
Abr.	44	117	184	221	225	195	134	53	39	289
May.	74	146	198	220	209	167	97	39	38	277
Jun.	90	155	200	217	200	141	82	39	39	269
Jul.	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272
Agos.	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282
Sept.	38	66	149	205	230	219	176	107	56	290
Oct.	35	35	112	187	231	239	211	160	108	288
Nov.	33	33	71	161	220	245	233	200	160	273
Dic.	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265
16°										
En.	30	30	55	147	21	244	251	223	199	248
Feb.	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275
Mar.	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291
Abr.	39	99	172	216	227	204	150	77	45	289
May.	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282
Jun.	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277
Jul.	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277
Agos.	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282
Sept.	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282
Oct.	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270
Nov.	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246
Dic.	29	29	41	132	198	241	254	223	212	234

Fuente: G. PITA, Edward. Acondicionamiento de aire. p. 142

Tabla XXXV. Coeficiente para vidrio con o sin sombreado interno

	Tipo de vidrio	Espesor nominal de cada vidrio claro	Transmisión solar	Sin sombreado interior	Tipo de sombreado interior													
					Persianas venecianas		Persianas enrollables											
					Medio	Claro	Oscuro	Claro	Claro									
Vidrio sencillo	Sencillo																	
	Claro	3/32 1/4	0.87-0.80	1														
	Claro	1/4 a 1/2	0.80-0.71	0.94														
	Claro	3/8	0.72	0.90	0.64	0.55	0.59	0.25	0.239									
	Claro	1/2	0.67	0.87														
	Claro con figuras	1/8 a 9/32	0.87-0.79	0.83														
	Absorbente de calor con figuras	1/8		0.83														
	Absorbente de calor	3/16 a 1/4	0.46	0.69														
	Absorbente de calor con figuras	3/16 a 1/4		0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36									
	Coloreado	1/8 a 7/32	0.59-0.45	0.69														
	Absorbente de calor o con figuras		0.44-0.30	0.60	0.54	0.52	0.40	0.28	0.32									
	Absorbente de calor	3/8	0.34	0.60														
	Absorbente de calor o con figuras	1/2	0.24															
	Vidrio recubierto reflector			0.30	0.25	0.23												
				0.40	0.33	0.29												
				0.50	0.42	0.38												
			0.60	0.50	0.44													

Fuente: G. PITA, Edward. Acondicionamiento de aire. p. 145

Tabla XXXVI. Factores de carga de enfriamiento para vidrio con sombreado interno

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

Fuente: G. PITA, Edward. Acondicionamiento de aire. p. 147

- Radiación en ventanas norte:

Esta carga se calcula con la fórmula:

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$

Formula no. 4

Donde:

Tabla XXXVII. **Variables de radiación en ventanas norte**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALOR
FGCS	Factor de ganancia máxima de calor solar, tabla XXXIV.	$39 \frac{BTU}{h*ft^2}$
A	Área del vidrio.	429.85 ft ²
CS	Coefficiente de sombreado tabla XXXV	0.55
FCE	Factor de carga de enfriamiento para vidrio tabla XXXVI	0.89

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo en la fórmula:

$$Q = 39 \frac{BTU}{h*ft^2} * 429.85 ft^2 * 0.55 * 0.89$$

$$Q = 8205.98 BTU/h$$

- Radiación en ventanas oeste:

Esta carga se calcula con la fórmula:

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$

Formula no. 4

Donde:

Tabla XXXVIII. **VARIABLES DE RADIACIÓN EN VENTANAS OESTE**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALOR
FGCS	Factor de ganancia máxima de calor solar, tabla XXXIV	$227 \frac{BTU}{h \cdot ft^2}$
A	Área del vidrio.	177.44
CS	Coefficiente de sombreado tabla XXXV	0.55
FCE	Factor de carga de enfriamiento para vidrio tabla XXXVI	0.18

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo en la fórmula:

$$Q = 227 \frac{BTU}{h \cdot ft^2} * 177.44 ft^2 * 0.55 * 0.18$$
$$Q = 3987.68 BTU/h$$

- Carga térmica por ventilación sensible y latente

Para la carga sensible y carga latente se recomienda para bibliotecas que el flujo de aire de ventilación (CFM) se encuentre dentro del intervalo de 10 ft²/min a 12 ft²/min.

- Carga térmica por ventilación sensible:

Esta carga se calcula con la fórmula:

$$Q = 1.1 * CFM (P) * CT$$

Formula no. 5

Donde:

Tabla XXXIX. **Variables de carga térmica con ventilación sensible**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALOR
CFM	Flujo de aire de ventilación	10 ft ² /min
P	Cantidad de personas en la biblioteca.	120
CT	Cambio de temperatura del aire interior y exterior. 83°F - 72°F = 8°F	8°F

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo en la fórmula:

$$Q = 1.1 * 10 \text{ ft}^2/\text{min} (120) * 8 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$Q = 10560.00 \text{ BTU/h}$$

Carga térmica con ventilación latente:

Esta carga se calcula con la fórmula:

$$Q = 0.68 * CFM * (W_e - W_i)$$

Formula no. 6

Donde:

Tabla XL. **Variables de carga térmica con ventilación latente**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALOR
CFM	Flujo de aire de ventilación, pie ² /min	10 ft ² /min
P	Cantidad de personas en la biblioteca.	120
(We-Wi)	Relación de humedad exterior e interior, g de agua/lb 77 y 95 g agua/ lb , para 83°F son 95 g agua/ lb y para 72°F son 77 g agua/ lb.	18 g agua/ lb

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo en la fórmula:

$$Q = 0.68 * 10 \text{ ft}^2/\text{min} (120) * (18 \text{ g agua/lb})$$

$$Q = 14688.00 \text{ BTU/h}$$

- Carga térmica debido a personas (sensible y latente)

Para el cálculo de la carga térmica con respecto a las actividades realizadas por las personas se utiliza la tabla XLI. Se utilizará la actividad de trabajo de oficina moderadamente activo para la aplicación típica en oficina, hotel o salón de clase/universidad.

Tabla XLI. **Carga térmica debida a personas**

Grado de actividad	Aplicación típica	Calor total BTU/h	Calor sensible BTU/h	Calor latente BTU/h
Sentadas, descansando	Teatro/matinée/salón de clase/escuela	330	220	110
Sentadas, descansando	Teatro/tarde	350	245	105
Sentadas, trabajo liviano	Oficina, hotel, salón de clase/ secundaria	400	245	155
Trabajo oficina moderadamente activo	Oficina, hotel, salón de clase/ universidad	450	250	200
De pie trabajo liviano camina lentamente	Droguería, banco	500	250	250
Trabajo sedentario	Restaurante	550	275	275
Trabajo banco liviano	Factoría	750	275	475

Fuente: JENNINGS, Burgess. Aire acondicionado y refrigeración. p. 393

- Carga térmica sensible:

Esta carga se calcula con la fórmula:

$$Q = q * n$$

Formula no. 7

Tabla XLII. **Variables de carga térmica sensible**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALOR
q	Ganancia sensible en base a la tabla XLI	250 BTU/h
n	Cantidad de personas en la biblioteca.	120

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo en la fórmula:

$$Q = 250 \text{ BTU/h} * 120$$

$$Q = 30000.00 \text{ BTU/h}$$

- o Carga térmica latente:

Esta carga se calcula con la fórmula:

$$Q = q * n$$

Formula no. 7

Donde:

Tabla XLIII. **Variables de carga térmica latente**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALOR
Q	Ganancia latente en base a la tabla XLI	200 BTU/h
N	Cantidad de personas en la biblioteca.	120

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo en la fórmula:

$$Q = 200 \text{ BTU/h} * 120$$

$$Q = 24000.00 \text{ BTU/h}$$

- Carga térmica por aparatos eléctricos

Esta carga se calcula con la fórmula:

$$Q = 3.4121 * P * (10/90)$$

Formula no. 8

Donde:

Tabla XLIV. **Variables de carga térmica de aparatos eléctricos**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALOR
3.4121	Factor de conversión de watts a BTU/h.	3.4121
P	Potencia en watts del equipo.	
10/90	Relación de energía utilizada con energía desechada en forma de calor	10/90

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Realizando el cálculo para computadora estándar**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALOR
3.4121	Factor de conversión de watts a BTU/h.	3.4121
P	Potencia en watts del equipo.	320 w
10/90	Relación de energía utilizada con energía desechada en forma de calor	10/90

Fuente: elaboración propia.

$$Q = 3.4121 * 320 * (10/90)$$

$$Q = 121.32 \text{ BTU/h}$$

Se procede a calcular la carga total de los aparatos en la siguiente tabla (la información de la potencia se obtuvo de las páginas en Internet: <http://www.areatecnologia.com/electricidad/consumo-electrodomesticos.html> y <http://www.electrocalculator.com>)

Tabla XLVI. **Carga de aparatos eléctricos**

APARATO	POTENCIA	CANTIDAD	CARGA TÉRMICA
Cafetera	600 w	2	454.95 BTU/h
Computadora	320 w	9	1091.87 BTU/h
Fotocopiadora	900 w	2	682.42 BTU/h
Impresora	17 w	5	32.23 BTU/h
Microondas	1520 w	1	576.27 BTU/h
Servidores	400 w	3	454.95 BTU/h
Ups	250 w	9	853.03 BTU/h
Ventilador	288 w	4	436.75 BTU/h
TOTAL			4582.45 BTU/h

Fuente: elaboración propia.

$$Q = 4582.45 \text{ BTU/h}$$

- Carga térmica por luminarias

El cálculo se realizará en condiciones ideales en las cuales la iluminación generada por lámparas fluorescentes es de 3 watts/ft². Obteniendo así la siguiente formula:

$$Q = 3 \text{ w/ft}^2 * 4.1 * A$$

Formula no. 9

Donde:

Tabla XLVII. **Variables para carga térmica por luminarias**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALOR
3	Iluminación generada por lámparas fluorescentes	3 w/ft ²
4.1	Factor de conversión a BTU/h.	4.1

Continuación tabla XLVII

A	Área de piso	4699.48 ft ²
---	--------------	-------------------------

Fuente; elaboración propia.

Sustituyendo en la fórmula:

$$Q = 3 \text{ w/ft}^2 * 4.1 * 4699.48 \text{ ft}^2$$

$$Q = 57803.54 \text{ BTU/h}$$

Obtenidas las cargas individuales ejercidas en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales, se procede a la sumatoria de las mismas, se procede a aumentar en un 20 % la carga por motivos del factor de seguridad, que tiene la finalidad de proteger tanto el ambiente como los equipos, ya que puede resultar que aumente el número de personal y el equipo se vea forzado en su capacidad. Es por ello que se considera un margen conocido como factor de seguridad:

Tabla XLVIII. Carga térmica total calculada para la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales

BIBLIOTECA DE CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES	
TIPO DE CARGA	CARGA BTU/h
QTECHO	17820.41 BTU/h
QPARED NORTE	3914.32 BTU/h
QPARED OESTE	2882.29 BTU/h
QVENTANA NORTE	4470.40 BTU/h
QVENTANA OESTE	1845.41 BTU/h
QRADIACIÓN VENTANA NORTE	8205.98 BTU/h
QRADIACIÓN VENTANA OESTE	3987.68 BTU/h
QSENSIBLE VENTILACIÓN	10560.00 BTU/h
QLATENTE VENTILACIÓN	14688.00 BTU/h
QSENSIBLE POR PERSONAS	30000.00 BTU/h
QLATENTE POR PERSONAS	24000.00 BTU/h

Continuación tabla XLVIII

QAPARATOS ELÉCTRICOS	4582.45 BTU/h
QLUMINARIAS	57803.54 BTU/h
20% extra	36952.10 BTU/h
Q total	221,712.58 BTU/h
Toneladas de refrigerante	18.48 ton
REDONDEO TOTAL	19 ton

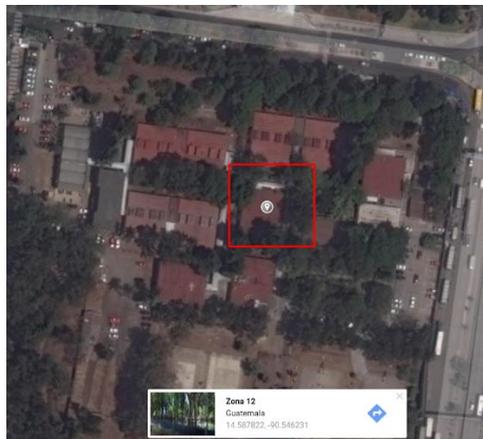
Fuente: elaboración propia.

La carga total óptima para la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales es de 221,712.58 BTU/h, para la cual es necesaria una cantidad de 19 toneladas de refrigeración para obtener una temperatura de 25°C en los ambientes estudiados.

3.1.2. Cálculo de cargas térmicas para la biblioteca de la EFPEM

Los datos básicos para el cálculo de cargas térmicas son los siguientes: geoposicionamiento de biblioteca: latitud 14.586727, longitud -90.546231 (14°35'12.217").

Figura 12. Ubicación de la biblioteca de la EFPEM



Fuente: Google Maps.

Dimensiones de la biblioteca:

Tabla XLIX. **Dimensiones 1 de la biblioteca de la EFPEM**

Pared norte		Pared oeste	
Largo	Ancho	Largo	Ancho
61.15 ft	7.87 ft	44.72 ft	7.87 ft
Área: 481.53 ft ²		Área: 352.11 ft ²	

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. **Dimensiones 1 de la biblioteca de la EFPEM**

Ventanas norte		Ventanas oeste	
Largo	Alto	Largo	Alto
1.20 ft	4.50 ft	0 ft	0 ft
5.40 ft ²		0 ft ²	

Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. **Superficie de techo de la biblioteca de la EFPEM**

Superficie techo		
Largo	Ancho	Área
61.15 ft	44.72 ft	2734.71 ft ²

Fuente: elaboración propia.

Se calcula la carga térmica de la biblioteca de la EFPEM de similar manera como se obtuvo para la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales. En la tabla LII se muestra las cargas térmicas calculadas y las toneladas de refrigerante necesarias para obtener ambientes confortables en la biblioteca de la EFPEM.

Tabla LII. **Carga térmica total calculada para la biblioteca de la EFPEM**

BIBLIOTECA EFPEM	
TIPO DE CARGA	CARGA BTU/h
QTECHO	10370.03
QPARED NORTE	2503.98
QPARED OESTE	1830.97
QVENTANA NORTE	604.50
QVENTANA OESTE	369.42
QRADIACIÓN VENTANA NORTE	1109.64
QRADIACIÓN VENTANA OESTE	798.26
QSENSIBLE VENTILACIÓN	1760.00
QLATENTE VENTILACIÓN	2448.00
QSENSIBLE POR PERSONAS	5000.00
QLATENTE POR PERSONAS	4000.00
QAPARATOS ELÉCTRICOS	1104.76
QLUMINARIAS	33636.98
20% extra	13107.31
Q total	78,643.85
Toneladas de refrigerante	6.55
REDONDEO TOTAL	7

Fuente: elaboración propia.

3.2. Cambios en la infraestructura

Los cambios en la infraestructura de las instalaciones de ambas bibliotecas corresponden al tipo de ventilación que sea elegido, debido a que el sistema a seleccionar busca que la inversión se vea compensada en el corto plazo. No debe afectar en gran medida la infraestructura existente en ambas bibliotecas.

3.2.1. Cambios en la infraestructura de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales

Esta biblioteca se encuentra aislada del exterior, por lo cual no es necesario realizar cambios a la infraestructura actual, ya que las instalaciones de los métodos a proponer no requieren de ello. Únicamente la colocación de la tubería de evacuación de condensación del equipo y las instalaciones eléctricas.

3.2.2. Cambios en la infraestructura de la biblioteca de la EFPEM

La biblioteca de la EFPEM ha sido construida en un edificio de un solo nivel, lo cual ayuda a la instalación del equipo sin necesidad de realizar un cambio en la infraestructura actual del edificio, en que, al igual que en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales, solo deben instalarse la tubería de evacuación de condensación y las instalaciones eléctricas.

3.3. Análisis de aislamiento térmico

Debido al similar tipo de construcciones que predomina en ambas bibliotecas, la recomendación para mantener un aislamiento térmico adecuado es que las ventanas permanezcan cerradas. En las puertas que se requieran se debe instalar un sistema con brazo hidráulico que permitirá mantener cerradas las puertas en todo momento, ya que los materiales que predominan actualmente en las bibliotecas son los más adecuados para el aislamiento, tanto de manera interna para retener la temperatura de *confort*, como de manera externa, evitando que esta influya directamente en la temperatura interna.

3.3.1. Análisis de aislamiento térmico en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales

Debido a que la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales cuenta con divisiones, las cuales se comunican un área con otra, esto permite la filtración de aire entre ambas áreas, lo cual no influye en el funcionamiento de los equipos, ya que el aire que se comparte es únicamente interno, el cual siempre deberá estar a la misma temperatura en todas las áreas.

Para el aislamiento térmico exterior se cuenta con adecuada distancia entre edificios, lo cual permitirá desarrollar cualquier sistema de ventilación que sea propuesto, esto debido a que cuenta con paredes de mampostería de block que permiten que la transmisión de temperatura del exterior sea mínima y a su vez evita que la temperatura interna no escape hacia el exterior, esto en el caso que la temperatura interna sea menor que la externa y viceversa.

En los cálculos se realizó énfasis en la transmisión de ventanas, ya que estas, aunque no estén abiertas, transmiten calor por infiltración, el cual debe ser controlado, ya que el resto de las instalaciones cumple con un buen aislamiento térmico. El uso de polarización se descartó debido a los costos que implica polarizar todas las ventanas, por lo que se optó por no considerarlo.

3.3.2. Análisis de aislamiento térmico en la biblioteca de la EFPEM

Para las condiciones de la biblioteca de la EFPEM, estas se adecúan a las necesidades del proyecto que se pretende desarrollar, ya que cuentan con instalaciones de un solo nivel y, al igual que la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales, su estructura es de mampostería con ventanas de aluminio y vidrio,

siendo buenos aislantes. Al igual que en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales se descarta el uso de polarizado.

3.4. Método de ventilación propuesto para la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales

En la tabla XLVIII se determina que son necesarias 19 toneladas de refrigeración para obtener una temperatura de 25 °C. Debido a las características en la infraestructura no se recomienda usar un sistema de ductos, debido a la cantidad de espacio que requiere, por lo que se recomienda utilizar sistemas tipo Split.

La propuesta de los sistemas Split se da debido a las prestaciones que estos tienen y que pueden ser adaptados a cualquier tipo de área. Su instalación no requiere mayores cambios en la infraestructura.

Se propone un sistema Split de eficiencia energética SEER 16, la más encontrada en el mercado guatemalteco. Un equipo de alta eficiencia es considerado a partir de un SEER 10, es por ello que se propone utilizar el SEER más alto que fuera encontrado en el mercado nacional.

3.4.1. Especificaciones técnicas del equipo

Ya que en la biblioteca son necesarias 19 toneladas de refrigeración, estas serán distribuidas como se muestra en la tabla LIII:

Tabla LIII. **Distribución de toneladas en equipos**

Cantidad de equipos	Toneladas	Total
3	4 ton	12 ton
3	2 ton	6 ton
1	1 ton	1 ton
Total		19 ton

Fuente: elaboración propia.

Los equipos cotizados para la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales son marca Lennox, tipo Inverter, como se muestra en la figura 13, debido al ahorro energético que tienen estos equipos respecto a los otros equipos en el mercado. En la figura 14 se muestran las especificaciones técnicas del equipo:

Figura 13. **Ahorros de energía basados en sistemas Inverter**



Fuente: Lennox. *Sistemas Inverter*. <http://www.refrigeracionlozano.com/pdf/38LX1004.pdf>.

Consultado el 8 de octubre 2017.

Figura 14. Especificaciones técnicas del equipo Lennox LI024CI/CO

R410A 23 SEER	Modelo	Voltaje	Enf.	Cal.	SEER	Dimensiones U.	Peso U.	Refrigerante	Caudal Aire (A/M/B)	Nivel
			Nominal	Nominal		Interior/Exterior (A x P x Al)	Interior/Exterior			(Ruido)
			Btu/H	Btu/H		Btu/W	mm			kg
Enfriamiento	LI009CI-230P432	220/1/60	9000	/	23	845x289x209	10	45.9/1300	490/410/290	39/35/29
	LI009CO-230P432					848x540x320	33			
	LI012CI-230P432	220/1/60	12000	/	22	845x289x209	10	47.6/1350	490/410/290	39/35/29
	LI012CO-230P432					848x540x320	36.5			
	LI018CI-230P432	220/1/60	18000	/	20	970x300x224	12.5	60/1700	830/700/570	43/39/35
	LI018CO-230P432					955x700x396	50			
	LI024CI-230P432	220/1/60	24000	/	18	1078x325x246	15.5	70.6/2000	1100/1000/900	44/40/36
	LI024CO-230P432					980x790x427	62			
	LI036CI-180P432	220/1/60	36000	/	18	1350x326x253	19	84.66/2400	1250/1100/900	49/44/37
	LI036CO-180P432					980x790x427	70			
Calentación	LI009HI-230P432	220/1/60	9000	9000	23	845x289x209	10	45.9/1300	490/410/290	39/35/29
	LI009HO-230P432					848x540x320	35.5			
	LI012HI-230P432	220/1/60	12000	12000	22	845x289x209	10	47.6/1350	490/410/290	39/35/29
	LI012HO-230P432					848x540x320	39			
	LI018HI-230P432	220/1/60	18000	18000	20	970x300x224	12.5	60/1700	830/700/570	43/39/35
	LI018HO-230P432					955x700x396	51.5			
	LI024HI-230P432	220/1/60	24000	24000	18	1078x325x246	15.5	77.6/2200	1100/1000/900	44/40/36
	LI024HO-230P432					980x790x427	64.5			
	LI036HI-180P432	220/1/60	36000	36000	18	1350x326x253	19	91.71/2400	1250/1100/900	49/44/37
	LI036HO-180P432					980x790x427	73			

Fuente: Lennox. *Equipo Lennox*. <http://www.refrigeracionlozano.com/pdf/38LX1004.pdf>.

Consultado el 8 de octubre 2017.

Debido a que la Universidad de San Carlos de Guatemala presenta la licitación de forma abierta en el portal de Guatecompras se debe especificar las características técnicas del equipo sugerido que se presenta a continuación:

Es necesario que los equipos cumplan con las siguientes especificaciones:

- Unidad evaporadora tipo mini Split piso techo con la capacidad indicada en la tabla LIII debe ser de alta calidad.
- Diseño para intemperie para la condensadora.
- Ventilador de bajo nivel de ruido, máximo de 68 decibeles.
- Carcasa de metal galvanizada pintada para protección anticorrosión.
- Operación del sistema de refrigerante R-410.
- Todos los equipos del condensador deben contar con una base de 0.20 m que debe estar pintada con una capa de fondo y una capa de anticorrosivo.
- Las bases deben estar sujetas con tornillos Hilti de expansión de 3/8".

- De tecnología Inverter SEER 16.
- Montar la unidad condensadora en la azotea del edificio S-5.
- Los equipos deben ser montados a un máximo de 20 cm del techo.

3.4.2. Material y equipo necesario para la implementación

Los materiales necesarios son los siguientes:

- Tubería de cobre
- Tubería de PVC
- Abrazaderas
- Armaflex
- Cajas para drenaje

El equipo necesario para la instalación se muestra a continuación:

- Taladro con percutor para pared.
- Brocas de pared de diferentes medidas y longitudes.
- Broca de corona para iniciar el agujero.
- Martillo.
- Alicates de corte para electricidad.
- Nivel y metro.
- Destornillador de punta de estrella grande y pequeño.
- Destornillador de punta plana pequeño para regletas.
- Varias llaves inglesas de medidas 12, 13, 17, 22, 24.
- Llave de rodillo grande.
- Alicata de presión.
- Sierra de arco para las canaletas y tijera para cortar metales.

- Pistola de silicona y tubo o tubos de silicona.
- Cortatubos pequeño.
- Abocardador para tubos de frío.
- Bomba de vacío.
- Manómetros adecuados al gas a utilizar, aunque para solo hacer vacío sirven los de R22.
- Multímetro.

3.4.3. Especificaciones de instalación eléctrica necesaria para instalación

Los trabajos de alimentación eléctrica deben ser realizados utilizando el cable recomendado por el encargado de la instalación, y un *flip-on* en la caja principal que sea únicamente para los equipos. El cable debe ser llevado por un ducto o canaleta que sea estéticamente visible y que lo oculte. Todas las uniones y empalmes deben ir aislados con cinta aislante 3M Scotch 23. Tanto materiales como instalación deben garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas.

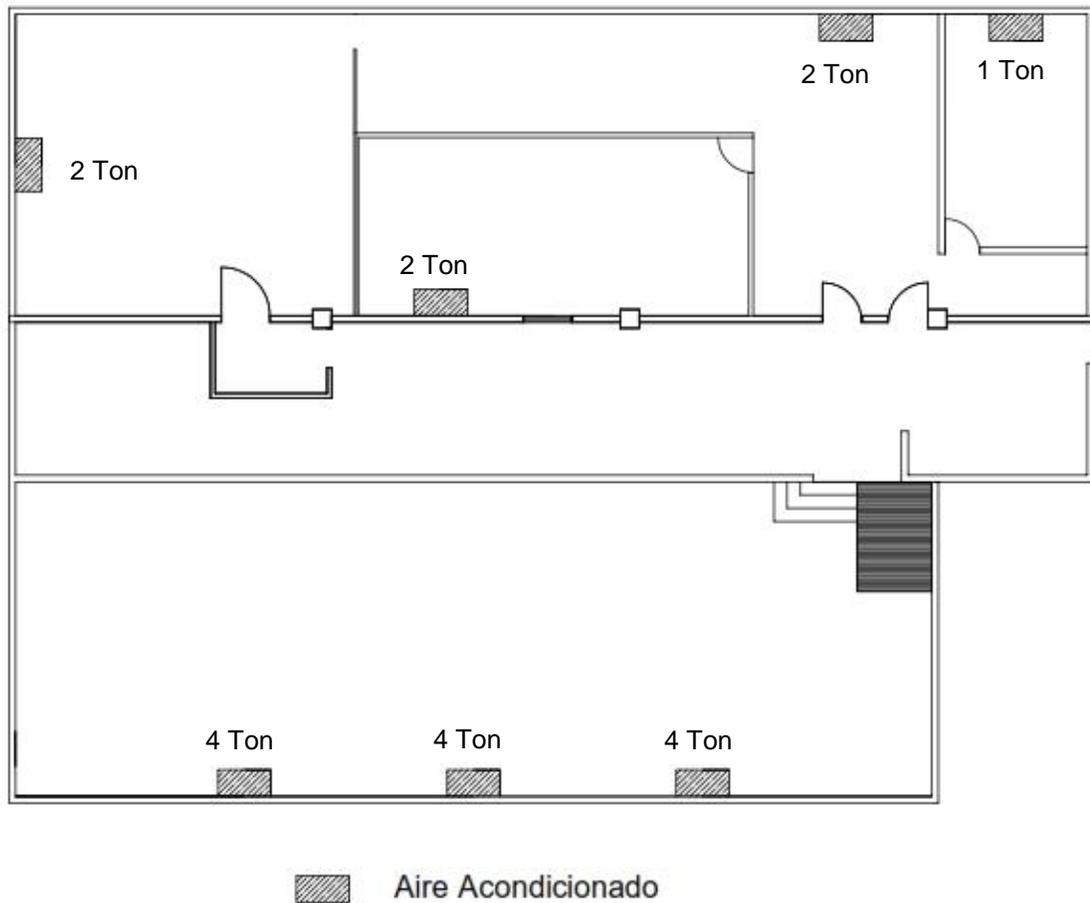
3.4.4. Distribución del sistema de ventilación

La distribución de los equipos será de la siguiente manera:

- 3 equipos de 4 toneladas distribuidos en el área de estudios
- 1 equipo de 2 toneladas en el área de catálogo vespertino-nocturno
- 1 equipo de 2 toneladas en el área de catálogo matutino
- 1 equipo de 2 toneladas para el área de oficina 1
- 1 equipo de 1 tonelada para el área de oficina 2

Como se muestra en la figura 15:

Figura 15. **Plano de distribución del sistema de ventilación de Ciencias Jurídicas y Sociales**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

3.5. Método de ventilación propuesto para la biblioteca de la EFPEM

En la tabla LII se determina que es necesaria la cantidad de 7 toneladas de refrigeración requeridas para obtener una temperatura de *confort* en los ambientes de la biblioteca de la EFPEM. Al igual que en la biblioteca de Ciencias

Jurídicas y Sociales se propone el sistema más sencillo que se adecua a cualquier área y que sea funcional y rentable.

La opción de los sistemas Split surge debido a que su instalación no requiere mayores cambios en la infraestructura y posee un excelente rendimiento en cuanto ahorro energético. Se recomiendan equipos con la misma eficiencia que en la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales, SEER 16, por lo que los sistemas serán similares en ambas bibliotecas.

3.5.1. Especificaciones técnicas del equipo

Las especificaciones técnicas son las mismas que para la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales, con la diferencia de que en esta biblioteca el número de toneladas es menor, siendo la distribución que se muestra en la tabla LIV:

Tabla LIV. **Distribución de toneladas en equipos**

Cantidad de equipos	Toneladas	Total
3	2 ton	6 ton
1	1 ton	1 ton
	Total	7 ton

Fuente: elaboración propia.

Se manejará la misma marca para ambas bibliotecas, ya que es una de las más rentables en el mercado, utilizando las especificaciones de las figuras 13 y 14 como referencia, y debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Unidad evaporadora tipo mini Split piso techo con la capacidad indicada en la tabla LIV; debe ser de alta calidad.
- Diseño para intemperie para la condensadora.
- Ventilador de bajo nivel de ruido, máximo de 68 decibeles.
- Carcasa de metal galvanizado pintado para protección anticorrosión.
- Operación del sistema de refrigerante R-410.
- Todos los equipos del condensador deben contar con una base de 0.20 m que debe estar pintada con una capa de fondo y una capa de anticorrosivo.
- Las bases deben estar sujetas con tornillos Hilti de expansión de 3/8".
- De tecnología Inverter SEER 16.
- Montar la unidad condensadora en la azotea del edificio.
- Los equipos deben ser montados a un máximo de 20 cm del cielo falso y fijados directamente en la loza.
- Deben ser instalados y transportados a la unidad académica correspondiente al momento de la instalación.

3.5.2. Material y equipo necesario para la implementación

El material y equipo que se utilizará para la implementación del proyecto será el mismo que se describe en la sección 3.4.2 debido a que son instalaciones similares.

3.5.3. Especificaciones de instalación eléctrica necesaria para instalación

El material y equipo que se utilizará para la implementación del proyecto será el mismo que se describe en la sección 3.4.3 debido a que son instalaciones similares.

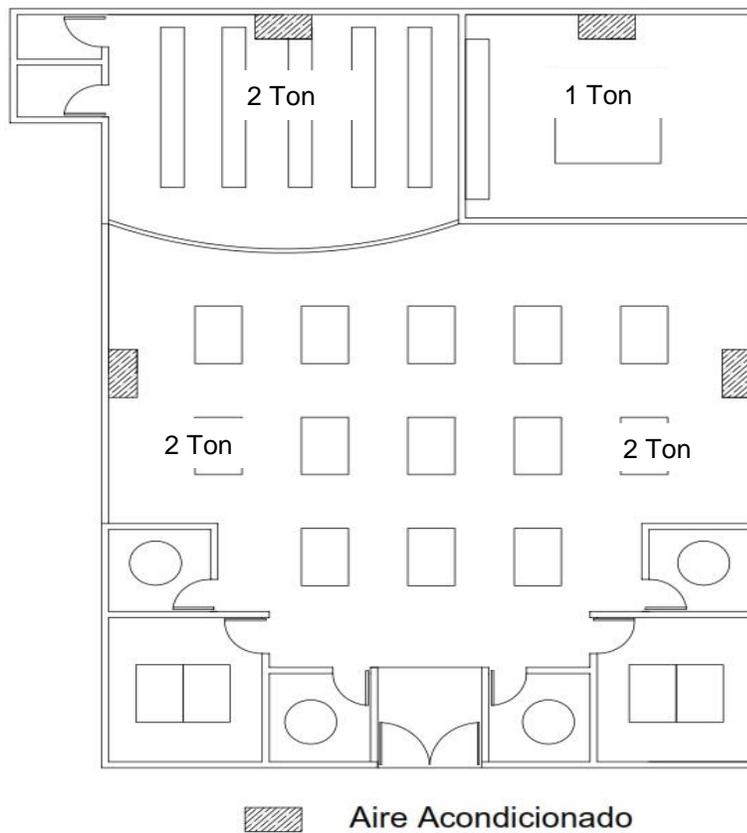
3.5.4. Distribución del sistema de ventilación

La distribución de los equipos será de la siguiente manera:

- 3 equipos de 2 toneladas distribuidos en el área de estudios y área administrativa/colección.
- 1 equipo de 1 tonelada en el área de exposiciones.

Como se muestra en la figura 16:

Figura 16. **Plano de distribución del sistema de ventilación de la EFPEM**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

4. DESARROLLO

4.1. Instalación de equipo de ventilación

La instalación debe ser llevada a cabo por el personal de la empresa con la que se compraron los equipos, y debe realizar como mínimo las siguientes operaciones:

- Suministro eléctrico tanto del evaporador como del condensador.
- Instalar y suministrar la bomba de condensado en caso de que sea requerida.
- Interconexiones del equipo con tubería de cobre nitrogenado, según medidas de diseño.
- Presurización del sistema con nitrógeno antes de la carga de refrigerante.
- Recubrimiento de la línea de succión con aislante para evitar condensación y transferencia de calor hacia el refrigerante en forma de vapor.
- Aislamiento en juntas entre secciones de material aislante.
- Accesorios como codos, juntas, coplas, coplas reductoras, entre otros.
- Para la fijación de las tuberías se deben utilizar abrazaderas de acero galvanizado.
- Para las tuberías de líquido se debe colocar material aislante entre el tubo y la abrazadera para evitar que la vibración pueda provocar fugas de refrigerante.
- Soldaduras realizadas con barrillas de acero plata.
- Vacío al sistema.
- Puesta en marcha.

4.1.1. Prueba de equipo de ventilación instalado

La prueba del equipo de ventilación se debe realizar en el momento que la persona encargada de la misma entregue el equipo para que pueda ser usado, y el equipo debe ser encendido durante una jornada completa por el lapso de una semana, con la finalidad de determinar el rendimiento del mismo.

4.1.2. Capacitación del personal

El personal debe ser capacitado sobre el manejo adecuado de estos equipos. La capacitación debe cubrir los siguientes temas:

- El momento del encendido de los aires acondicionados es al inicio de la jornada, para que estos se vayan adecuando a la temperatura que vaya incrementando y que estos regulen su funcionamiento debido a que son equipos inteligentes.
- Se debe evitar que los equipos sean apagados durante la jornada y encendidos durante la misma, ya que esto los deteriora. A esto se le conoce como la eliminación del *on-off*.
- La persona encargada de encender y apagar los equipos se debe asegurar que se cumpla con el protocolo de mantenimientos y debe estar al pendiente en caso se llegue a requerir un mantenimiento correctivo.
- Contactar con la empresa que instaló los sistemas de aire acondicionado para la realización de un mantenimiento correctivo o preventivo, debido a que conocen mejor el equipo y cómo fue instalado.
- Evitar que el equipo se encienda únicamente cuando la temperatura exceda el límite de *confort* (25 °C), debido a que el compresor funcionará a máxima potencia durante un período prolongado, lo que puede causar daños en el equipo a largo plazo.

- Verificar que, tanto la salida de aire como la salida de tubo de evaporación, no cuenten con bloqueos de objetos extraños.
- Realizar periódicamente una evaluación de los equipos, con respecto a los fechas de mantenimientos preventivos recomendados por la empresa que instaló los sistemas.

4.2. Propuesta de análisis financiero

En la propuesta de análisis financiero se determinará cuál es la mejor opción a implementar, comparando costos de dos empresas del mercado, teniendo en cuenta los costos y gastos en los que se deba incurrir en un plazo de 10 años, que es lo que el equipo debería rendir antes de presentar un fallo en el compresor.

Debido a que es un proyecto de beneficio para el sector público, la inversión no es recuperable, dado que las propuestas son evaluadas con base en los beneficiarios directos, solo se tomarán en cuenta los costos de la inversión inicial, mantenimiento y consumo eléctrico durante su vida útil.

4.2.1. Inversión en equipo de ventilación

Para la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales los costos de equipo son los siguientes:

Tabla LV. **Costo de equipos para la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales**

Unidades	Descripción	Cantidad	Precio	Total
1	Consola piso techo 48k BTU Lennox	3	Q.2 755,00	Q.8 265,60
1	Unidad de aire acondicionado 48K BTU SEER 13 Lennox	3	Q.6 067,32	Q.18 201,96
1	Sistema Mini-Split 22K BTU SEER 16 Lennox	3	Q.6 111,00	Q.18 333,00
1	Sistema Mini-Split 12K BTU SEER 16 Lennox	1	Q.3 150,00	Q.3 150,00
			Total:	Q.47 950,00

Fuente: elaboración propia.

Para la biblioteca de la EFPEM los costos son los siguientes:

Tabla LVI. **Costo de equipos para la biblioteca de la EFPEM**

Unidades	Descripción	Cantidad	Precio	Total
1	Sistema Mini-Split 22K BTU SEER 16 Lennox	3	Q.6 111,00	Q.18 333,00
1	Sistema Mini-Split 12K BTU SEER 16 Lennox	1	Q.3 150,00	Q.3 150,00
			Total:	Q.21 483,00

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Modificaciones en infraestructura

Dentro de la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales, las modificaciones propuestas están orientadas a la colocación de los ductos de refrigerante, tubería de drenaje y conexiones eléctricas, debido a que los equipos son estéticamente adecuados para el área en la que se desean implementar y no requieren de modificaciones como colocación de tabla yeso o cielo falso. Mientras que para la biblioteca de la EFPEM, debido a que se cuenta con cielo falso en algunas áreas, se deberá tratar de manera adecuada cada una de las planchas que se deben modificar, ya sea porque se va a ingresar tubería o conexiones eléctricas. Para ambos casos se debe utilizar ductos o canaletas, ya sea de plástico o de metal para las conexiones eléctricas.

Para las conexiones entre el evaporador y el condensador se debe recubrir con *armaflex*. Tanto canaletas como *armaflex* deben ir sujetos a la superficie en la que se instalen con abrazaderas o cinchos. Al momento de realizar cualquier tipo de agujeros en la pared o techo estos se deben resanar.

4.2.3. Mantenimiento

Para una adecuada conservación del equipo es necesario realizar el mantenimiento preventivo cada 2 meses. Este debe cubrir todas las áreas expuestas en el inciso 5.1.1.2. El costo de este mantenimiento oscila entre Q.350,00 y Q.500,00. En el caso de un mantenimiento correctivo, se recomienda realizarlo anualmente y supone un costo de entre Q.500,00 y Q.2 000,00, dependerá de si se debe hacer cambio de una pieza o calibrar un parámetro.

4.2.4. Capacitación del personal

La capacitación del personal debe ser realizada por la empresa encargada del desarrollo de la propuesta.

4.2.5. Valor Presente Neto

El Valor Presente Neto es un método que evalúa los flujos de efectivo en función del tiempo, tomando la inversión inicial del proyecto y el rendimiento de los flujos entrantes y salientes. Este proyecto no generará un flujo entrante de efectivo, por lo cual el VPN se utilizará para determinar cuál de las dos opciones propuestas genera menor gasto en el tiempo.

Para comparar las dos opciones se utilizará el costo de mercado de las unidades convencionales y las de la cotización de equipos Inverter, anexo 1. Para esta comparación se utilizará la cotización propuesta para la biblioteca de la EFPEM.

Tabla LVII. **Costos de equipo convencional e Inverter**

Equipo Convencional			
Descripción	Unidades	Costo Unitario	Total
Equipo 22K BTU	3	Q.6 500,00	Q.19 500,00
Equipo 12K BTU	1	Q.3 800,00	Q.3 800,00
Mantenimiento anual (sugerido)	4	Q.2,200,00	Q.8 800,00
Costo eléctrico anual (8100 KW/h)	4	Q.0,73 KW/h	Q.23 652,00
Equipo Inverter			
Descripción	Unidades	Costo Unitario	Total

Continuación tabla LVII.

Equipo 22K BTU	3	Q.6 111,00	Q.18 333,00
Equipo 12K BTU	1	Q.3 150,00	Q.3 150,00
Mantenimiento anual (sugerido)	4	Q.2 200,00	Q.8 800,00
Costo eléctrico anual (5850 KW/h)	4	Q.0,73 KW/h	Q.17 082,00

Fuente: elaboración propia.

En la figura 17 se muestra la representación gráfica del comportamiento del flujo de efectivos durante 10 años para ambas inversiones. Se utilizará un valor de rescate del 5 % sobre el costo de los equipos. La tasa de inflación del 4.62 % se utilizó como tasa de interés para el rendimiento de la inversión.

Figura 17. **Flujo de efectivo**



Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo del VPN la fórmula es:

$$VPN = -I_0 - Q \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] + Vr \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

Siendo:

I_0 = inversión inicial

Q = costos

Vr = valor de rescate

i = interés

n= número de años

Para el equipo convencional:

$$\begin{aligned} VPN &= -23,300.00 - 32,452.00 \left[\frac{(1 + 0.0462)^{10} - 1}{0.0462(1 + 0.0462)^{10}} \right] + 1,165.00 \left[\frac{1}{(1 + 0.0462)^{10}} \right] \\ &= -277833.55 \end{aligned}$$

Para el equipo Inverter:

$$\begin{aligned} VPN &= -21,483.00 - 25,882.00 \left[\frac{(1 + 0.0462)^{10} - 1}{0.0462(1 + 0.0462)^{10}} \right] + 1,074.15 \left[\frac{1}{(1 + 0.0462)^{10}} \right] \\ &= -224393.20 \end{aligned}$$

Debido a que ambos valores son negativos, la opción que más le conviene a las bibliotecas es la que menor valor negativo genera en los 10 años que se calculó. Además, debido a que los sistemas Inverter tienen sensores de alta tecnología que mejoran la ubicación de las fallas e incluso pueden notificar antes de que ocurra la falla, la mayoría de equipos tienen una garantía de 10 años en los compresores con sistemas Inverter, por lo que hacen muy factible el rendimiento de los equipos.

4.2.6. Tasa interna de retorno

La Tasa Interna de Retorno (TIR) se utiliza para expresar rentabilidad o ganancia debido a que, a mayor TIR, mayor rentabilidad, la cual es utilizada para medir y comparar la rentabilidad de las inversiones. Esto debido a que el proyecto de sistemas de ventilación en las bibliotecas analizadas no producirá ninguna ganancia, por lo que, independientemente de la opción que se decida, la TIR no mostrará el momento en que la inversión se recuperará.

4.2.7. Relación beneficio/costo

Esta relación surge de la combinación del VPN y el costo presente de los costos. Tomando en cuenta que el VPN del inciso 4.2.5 no tiene un valor positivo que refleje ganancia, esta relación no aportará ningún parámetro de comparación para el análisis de los sistemas, pues al calcularlo resultará siendo un valor cero, debido a que no presenta una ganancia o beneficio en la curva del flujo de efectivo.

4.3. Cronograma de actividades

Las actividades las realizará un técnico especializado en aires acondicionados posteriormente a la compra de los equipos. Estos tiempos dependen de la empresa ejecutora y de la forma en que se realice la licitación en el portal de Guatecompras.

Tabla LVIII. Cronograma de actividades

Actividad	Semanas							
	1	2	3	4	1	2	3	4
Compra de los equipos								
Equipos ubicados en el lugar de la instalación								
Ubicación e instalación de evaporador								

Continuación tabla LVIII.

Colocación de ductos de drenaje, refrigerante y conexiones eléctricas							
Ubicación y colocación del condensador							
Calibración del condensador y el evaporador							
Limpieza y retiro de desechos							
Periodo de prueba							

Fuente: elaboración propia.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

5.1. Plan de monitoreo del sistema de ventilación

El plan de monitoreo se basa en el conjunto de acciones que permiten mantener y conservar en buen estado el equipo para que brinde un servicio adecuado y extender la vida útil del mismo.

Dentro del monitoreo, la parte esencial es la de mantenimiento, ya que esta acción permite mantener en buen estado el equipo. El costo de mantenimiento aumenta a medida que el equipo va envejeciendo, puesto que las averías, paros, recambio de piezas y realizar ajustes se vuelve cada vez más común. El mantenimiento no solo aporta al buen funcionamiento del equipo, también debe garantizar la higiene del aire a renovar dentro de las áreas.

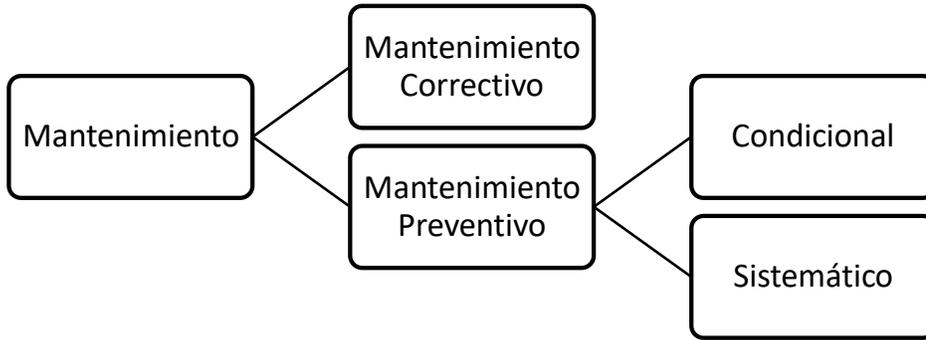
Es necesario que dentro del monitoreo se incluya una sección que especifique la manera apropiada de utilizar los equipos, ya que estos deben realizar un solo arranque, por ejemplo, si la temperatura exterior excede los límites de tolerancia de 25 °C estos deben encenderse de inmediato y programarlos a la temperatura de *comfort*, que será de 24 °C. Este es un error común, ya que hasta que la temperatura interna es muy alta los equipos se programan a una temperatura muy inferior para que el ambiente llegue a su temperatura de *comfort*. Esto lo que consigue es una sobrecarga en el equipo, haciendo que este disminuya su vida útil.

5.1.1. Programación

Dentro de la programación se incluye el uso y la programación de los mantenimientos. Dentro del uso se plantea eliminar el *on-off* manual, para extender la vida de los equipos, por lo cual se debe hacer un solo arranque de todas las unidades, el mismo debe ser simultáneo, ya que es muy común observar que, en un área que cuenta con dos o más equipos, se encuentra encendido solo uno de ellos. El arranque quedará a discreción de la persona encargada de los sistemas de ventilación y debe utilizar los criterios que le fueron brindados en la capacitación. Debido a que el personal es cambiado constantemente dentro de las bibliotecas, se debe incluir dentro de la capacitación inicial la forma correcta de usar los aires acondicionados, impartidos por la empresa que preste el servicio e incluidos como compromiso en el contrato de adquisición del mismo.

Para los mantenimientos se debe contratar a una persona especializada en los equipos. Los mantenimientos tienen como fin prevenir o corregir una falla, es por ello que se dividen en dos: mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo, como se muestra en la figura 18. El tipo de mantenimiento a realizar dependerá del tipo de mantenimiento preventivo o fallo existente, lo cual puede incurrir en una parada general por uno o varios días del equipo.

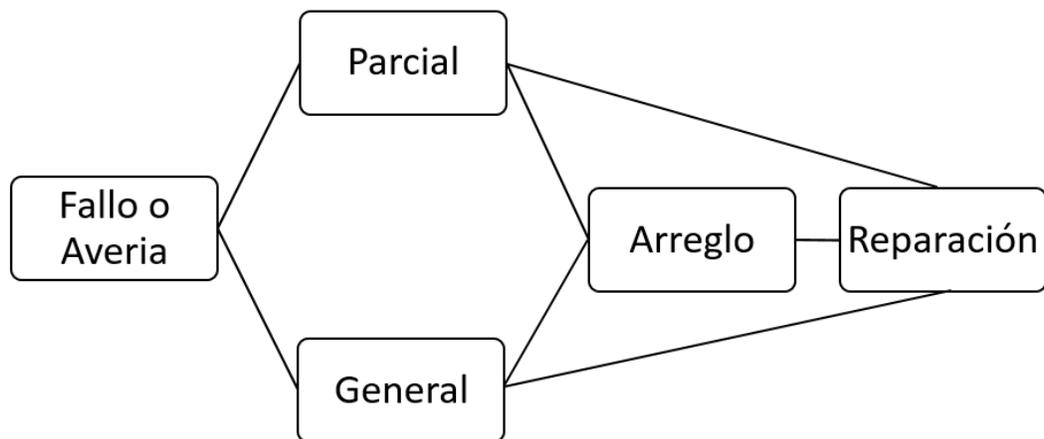
Figura 18. **Tipos de mantenimiento**



Fuente: CEAC. Nueva enciclopedia de climatización. p. 313.

A partir del tipo de fallo se determinan las operaciones de mantenimiento según la figura 19:

Figura 19. **Operaciones de mantenimiento**



Fuente: CEAC. Nueva enciclopedia de climatización. p. 314

Las operaciones de mantenimiento que como mínimo deben realizarse y su periodicidad son las indicadas en la tabla siguiente:

Tabla LIX. **Operaciones de mantenimiento**

SIMBOLO	SIGNIFICADO
M	Una vez al mes para potencia térmica entre 100 y 1000 kW Una vez cada 15 días para potencia térmica mayor que 1,000 kW
M	Una vez al mes
2 ^a	Dos veces por año
A	Una vez al año

Fuente: CEAC. Nueva enciclopedia de climatización. p. 315

Tabla LX. **Medidas en máquinas frigoríficas**

No	Operación	Periodicidad
.		
1	Temperatura de fluido exterior en entrada y salida del evaporador	M
2	Temperatura de fluido exterior en entrada y salida del condensador	M
3	Pérdida de presión en el evaporador	M
4	Pérdida de presión en el condensador	M
5	Temperatura y presión de evaporación	M
6	Temperatura y presión de condensación	M
7	Potencia absorbida	M

Fuente: CEAC. Nueva enciclopedia de climatización. p. 315

Tabla LXI. **Operaciones de mantenimiento**

No	Operación	Periodicidad
.		
1	Limpieza de los evaporadores	A

Continuación tabla LXI.

2	Limpieza de los condensadores	A
3	Drenaje y limpieza del circuito de torres de refrigeración	2ª
4	Comprobación de niveles de refrigerante y aceite en equipos frigoríficos	M
5	Limpieza de circuitos de humos de calderas	2ª
6	Limpieza de conductos de humo y chimenea	A
7	Comprobación de material refractario	2ª
8	Comprobación estanquidad de cierre entre el quemador y caldera	M
9	Revisión general de calderas individuales de gas	A
10	Revisión general de calderas individuales de gasóleo	2ª
11	Detección de fugas en la red de combustible	M
12	Comprobación de niveles de agua en circuitos	M
13	Comprobación estanquidad de circuitos de distribución	A
14	Comprobación estanquidad de válvulas de intercepción	2A
15	Comprobación tarado de elementos de seguridad	M
16	Revisión y limpieza de filtros de agua	2A
17	Revisión y limpieza de filtros de aire	M
18	Revisión de baterías de intercambio térmico	A
19	Revisión de aparatos de humectación y enfriamiento evaporativo	M
20	Revisión y limpieza de aparatos de recuperación de calor	2A
21	Revisión de unidades terminales agua-aire	2A
22	Revisión de unidades terminales de distribución de aire	2A
23	Revisión y limpieza de unidades de impulsión y retorno de aire	A
24	Revisión equipos autónomos	2A
25	Revisión bombas y ventiladores, con medida de potencia absorbida	M
26	Revisión sistema de preparación ACS	M
27	Revisión del estado de aislamiento térmico	A
28	Revisión del sistema de control automático	2A

Fuente: CEAC. Nueva enciclopedia de climatización. p. 316

5.1.1.1. Mantenimientos programados

Tienen la misión de corregir un fallo en el funcionamiento. Este comprende, a grandes rasgos, las siguientes acciones:

- Detección del fallo
- Localización de los elementos que hayan producido el fallo
- Arreglo o reparación del fallo
- Comprobación del funcionamiento del equipo

Estos deben ser programados por lo menos una vez en el año y deben ser realizados mediante procedimientos adecuados y por un técnico con alto grado de experiencia y habilidad en los equipos que se instalaron.

5.1.1.2. Mantenimientos preventivos

Tienen la misión de reducir la probabilidad de que se produzca un fallo. Estos deben ser programados cada dos o tres meses después de su instalación, siendo sin duda alguna el mantenimiento más importante de los equipos de ventilación, que tiene la finalidad de que el equipo opere dentro de los parámetros normales.

Para ambos mantenimientos se deben considerar las tablas LIX, LX y LXI, ya que estas marcan el parámetro para la revisión de cada pieza.

Se recomienda que la persona que brinde el mantenimiento lleve un registro de las operaciones de mantenimiento, en el que se reflejen los resultados de las tareas realizadas. La información que debe contener como mínimo es la siguiente:

- La fecha de la instalación y la ubicación de la misma.
- La fecha del mantenimiento.
- El número de orden de la operación en la instalación.
- La fecha de ejecución.
- Las operaciones realizadas por el personal.
- Lista de materiales utilizados, sustituidos o que necesiten cambios (en caso de que se utilicen).
- Observaciones de la persona que ejecuta.

Además de que el técnico podrá recurrir o solicitar la siguiente información que se deberá tener al momento de que se presente la instalación o mantenimiento:

- Breve descripción de la instalación o mantenimientos previamente realizados.
- Cálculos de potencia térmica instalada.
- Planos y esquemas de las instalaciones, incluyendo tuberías y conexiones eléctricas.
- El certificado de la instalación o mantenimiento que fue realizado previamente.

Se sugiere que, al momento de realizar la compra de los equipos, se incluya en el contrato el mantenimiento de los mismos.

CONCLUSIONES

1. La propuesta de un sistema de ventilación artificial para la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales consolida el uso de los sistemas actuales con el de equipo nuevo de alto rendimiento, con la finalidad de obtener un menor impacto económico. Mientras que para la biblioteca de la EFPEM se deberá adquirir equipo nuevo para todas las áreas.
2. La implementación de los equipos en las áreas propuestas tiene la finalidad de crear un flujo que garantice que los equipos realizarán una correcta renovación de aire en todas las áreas, y que esta pueda ser renovada como mínimo 3 veces durante la jornada, en ambas bibliotecas.
3. El deterioro de las colecciones y material bibliográfico depende de varios factores, siendo el principal la presencia de humedad, es por ello que, con la implementación de los sistemas de ventilación, que deben poseer un sistema de control de humedad, se garantizará extender la vida útil de las mismas.
4. Debido a que durante la jornada de trabajo la temperatura será constante, se garantizará que los cambios de temperatura no sean bruscos y esto no afectará la estadía de los visitantes y trabajadores, ni el deterioro de las colecciones y material bibliográfico.
5. La propuesta se realizará dentro de los parámetros requeridos, por lo que se garantizará que será viable la realización del proyecto, aunque el éxito

del mismo dependerá de la Unidad Ejecutora dentro de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

6. El diseño para ambas bibliotecas cumple con los requerimientos técnicos que garantizarán temperaturas de *confort*, renovación adecuada para cada uno de los ambientes y, sobre todo, que sean de última tecnología en ahorro y eficiencia energética.
7. Las normas de mantenimiento fueron establecidas tanto para la persona que esté a cargo del manejo de los aires acondicionados como para los técnicos que lleguen a realizar el mantenimiento preventivo o el mantenimiento correctivo.
8. Debido a que las bibliotecas están sufriendo remodelaciones para modernizar los servicios que prestan, se propone un sistema de ventilación de tipo artificial, para garantizar la conservación de las colecciones y la renovación de aire en todos los ambientes.

RECOMENDACIONES

1. Para la biblioteca de Ciencias Jurídicas y Sociales, a corto plazo, se recomienda combinar los sistemas actuales de ventilación con sistemas de ventilación de alta eficiencia, aunque se deben cambiar los equipos existentes a equipos de alta eficiencia en el mediano plazo. Para la biblioteca de la EFPEM se deben adquirir los equipos Inverter SEER 16, considerados de alta eficiencia.
2. La implementación de los equipos debe ser realizada en todas las áreas de las dos bibliotecas, para garantizar la correcta renovación de aire en los ambientes, lo cual proporcionará un ambiente adecuado para estudiantes y visitantes.
3. Debido a que la temperatura estará controlada por los sistemas de ventilación, estos deben permanecer encendidos durante toda la jornada para evitar deterioro por humedad en las colecciones y material bibliográfico, por lo que el encargado de los sistemas de ventilación debe velar por que estos funcionen adecuadamente.
4. No deben existir cambios bruscos en la temperatura, por lo cual se debe eliminar el *on-off* por parte de la persona encargada de los sistemas de ventilación, debido a que esto ocasiona un deterioro inmediato de los equipos y causa fatiga en el equipo al hacerlos trabajar de manera forzada.

5. Los parámetros requeridos se encuentran dentro de las especificaciones del equipo y estas deben ser tomadas en cuenta por la persona que elabora las bases que se subirán al sistema de Guatecompras para la adquisición del nuevo equipo.
6. Se realizó un análisis sobre los equipos del mercado y se concluyó que los que mejor se adaptan a ambas unidades académicas son los sistemas Split y Mini Split, ya que los demás equipos presentan demasiadas complicaciones al momento de instalarlos. Por ello deben ser utilizados sistemas Split con ahorro y eficiencia energética, los cuales no deberán ser menores a un SEER 16.
7. Los mantenimientos preventivos deben ser realizados como mínimo 3 veces al año, es por ello que la administración de la biblioteca deberá estar pendiente de que estos mantenimientos sean realizados por la empresa correspondiente, con lo cual se garantizará el correcto funcionamiento del equipo y hará que su vida útil se vea prolongada.
8. Tomando en cuenta los cambios que se están realizando en las bibliotecas, se debe considerar por parte de las personas que ejecutan dicha remodelación el uso de materiales que contribuyan al aislamiento térmico que se tiene actualmente, y que estos, a su vez, contribuyan con la correcta circulación del flujo de aire, con lo cual se garantizará una correcta renovación de aire en todas las áreas.
9. Se recomienda para ambas bibliotecas que, como mínimo, se realice un estudio de ventilación 4 veces al año o de manera ideal mensualmente, durante un período de 3 años, para garantizar la correcta renovación de

aire y el porcentaje de humedad presente en los ambientes de la colección.

BIBLIOGRAFÍA

1. ASHRAE. *Heating, ventilating, and air-conditioning systems and equipment*. (Inch-Pound ed.) Atlanta, U.S.A.: ASHRAE American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers, 2008. 889 p.
2. JENNINGS, Burgess. *Aire acondicionado y refrigeración*. México: Continental, 1970. 800 p.
3. MIRANDA BARRERAS, Ángel L. *Nueva enciclopedia de la climatización de aire acondicionado*. Barcelona, España: Ediciones CEAC, 2000. 333 p.
4. MULLER, C. F. *Manual de aire acondicionado y calefacción*. 42ª ed. México: Editorial Alfaomega, 2010. 288 p.
5. PITA, Edward G. *Acondicionamiento de aire. Principios y sistemas, un enfoque energético*. 2da ed. México: Compañía Editorial Continental, 1994. 548 p.
6. SCHWEIZTER, Gerald. *Curso completo de aire acondicionado*. México: Centro Regional de Ayuda Técnica, 1974. 345 p.
7. WHITMAN, William. *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado*. S.A. México: Ediciones Paraninfo, 368 p.

ANEXOS

Anexo 1. Cotización para el equipo 1

DISTRIBUIDORA GRANADA
5A. AVE. 6-71 ZONA 9
PBX. 2332-1591

COTIZACIÓN

Para: IVAN GALVEZ
Nit:
Dirección:

No. de Cotización: **14859**
Fecha: 02/06/2017
Asesor: TG09-Karin Gonzalez
E-mail: kgonzalez@distgranada.com
Celular: 3204-2842

#	Código	U/M	Descripción	Cant.	Precio c/IVA	Total c/IVA
1	05.0132	UNIDAD	CONSOLA PISO-TECHO 48KBTU 220/1 R22/R410 LXGUCMD048100P LENNOX	3	QTZ 2,755.20	QTZ 8,265.60
2	05.0057	UNIDAD	UI/COND AC 48KBTU 208-230/1 R410 SEER13 13ACXN048 LENNOX	3	QTZ 6,067.32	QTZ 18,201.96
3	05.0186	UNIDAD	SIST MINI-SPLIT 6-25KBTU 230/1 R410 SEER16 HABITAT INV INNOVAIR	6	QTZ 5,660.02	QTZ 33,960.12
4	05.0184	UNIDAD	SIST MINI-SPLIT 4-14KBTU 230/1 R410 SEER16 HABITAT INV INNOVAIR	2	QTZ 3,252.88	QTZ 6,505.76
5	05.0090	UNIDAD	SIST MINI-SPLIT 22KBTU 220/1 R410 SEER16 LI024CI/CO INVERTER LENNOX	6	QTZ 6,111.00	QTZ 36,666.00
6	05.0088	UNIDAD	SIST MINI-SPLIT 12KBTU 220/1 R410 SEER16 LI012CI/CO INVERTER LENNOX	2	QTZ 3,150.00	QTZ 6,300.00
Total:						QTZ 109,899.44

Validez de la Oferta: 10 días, sujeta a disponibilidad de existencias

Forma de Pago: Contado

Observaciones:

- * Una vez recibida la mercadería a conformidad, NO se aceptan cambios ni devoluciones.
- * En productos eléctricos NO hay garantía.
- * Nuestros equipos cuentan con doce meses de garantía POR DESPERFECTOS DE FABRICACION. NO aplica por mal uso, mal diseño, mala instalación, falta de mantenimiento, fallas en el suministro eléctrico, entre otras.
- * Los modelos y especificaciones están sujetos a cambios sin previo aviso debido a mejoras en los productos.

Firma y Sello de Aceptación

Página 1

FAVOR DE EMITIR PAGOS Y ORDENES DE COMPRA A
NOMBRE DE:

COMPAÑIA UNIVERSAL DE REFRIGERACION, S.A.
NIT: 449036-3

Fuente: Compañía Universal de Refrigeración, S.A.

Anexo 2. Cotización 2



DELTA FRÍO

DELTA FRÍO DE GUATEMALA, S. A.

NIT 9704139-4
4av. 3-71 ZONA 9
ventas@deltafrio.com

Proforma No. PRDT-3563-IVAN GALVEZ-KG

CLIENTE: IVAN GALVEZ	TERMINOS DE PAGO: 80% Anticipo - Saldo contra entrega
CONTACTO:	DIRECCIÓN DE ENTREGA: Bodegas Delta Frío
TELEFONO:	TIEMPO DE ENTREGA FABRICA: 8 - 12 semanas
CORREO :	VALIDA HASTA:
DIRECCIÓN: Ciudad	
NIT:	

Línea	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	CONSOLA PISO/TECHO RHEEM 3TON R410 220/1 - WDUA-CRC036J01	3	Q 2,628.60	Q 7,885.80
2	U/COND AC RHEEM 3TON R410 220/1 STD - RA1036AJ1NA	3	Q 4,184.50	Q 12,553.50
3	CONSOLA PISO/TECHO RHEEM 5TON R410 220/1 - WDUA-CRC060T01	3	Q 2,878.60	Q 8,635.80
4	U/COND AC RHEEM 5TON R410 220/1 STD - RA1060AJ1NA	3	Q 6,064.20	Q 18,192.60
5	SIST MINI-SPLIT INVERTER GREE 24KBTU R410 208-230/1 16SEER HEAT PUMP	6	Q 6,038.63	Q 36,231.78
6	SIST MINI-SPLIT INVERTER GREE 12KBTU R410 208-230/1 16SEER HEAT PUMP	2	Q 3,236.81	Q 6,473.62
TOTAL Q:				Q 89,973.10



Condiciones de Negociación:

1. Garantía limitada de 1 año por desperfectos de fabricación.
2. Emitir ordenes de compra a nombre de Delta Frío de Guatemala, S.A.
3. Emitir cheques a nombre de Delta Frío de Guatemala, S.A.
4. Los productos incluidos en la presente cotización cumplen con las características del fabricante, es responsabilidad del cliente determinar si estos son satisfactorios a su requerimiento.
5. Los productos han sido seleccionados bajo la mejor interpretación de la información recibida por el cliente.
6. No se incluye costo de grúa o transporte especial para isar los equipos cotizados.

AUTORIZADO POR: _____

VENDEDOR
Karin González
karin@deltafrio.com
4220-6124

Fuente: Compañía Delta Frío de Guatemala, S.A.

Anexo 3. Comparación de consumo de equipos

Comparativo de Consumo Equipos Convencionales Vrs LG VRF



USAC AREAS CIENCIAS JURÍDICAS

Equipos Convencionales Instalados							COSTOS ANUAL MANTENIMIENTOS				
Ubicación	Equipos Convencional	Toneladas	Kw/Hr	Costo del Kw/Hr	Costo 10 hrs/1 Día	Costo 1 Mes /20 días	Consumo Energia ANUAL	Preventivo	Correctivo	Costo Total	COSTO TOTAL ANUAL Energia + Mantenimientos
USAC CIENCIAS JURÍDICAS	EQUIPOS	19.0	24.70	\$2.47	\$24.70	\$494.00	\$5,928.00	\$1,776.00	\$1,776.00	\$3,552.00	\$9,480.00



Equipos LG VRF a Instalar							COSTOS ANUAL MANTENIMIENTOS				
Ubicación	Equipos Propuesto	Toneladas	Kw/Hr	Costo del Kw/Hr	Costo 10 hrs/1 Día	Costo 1 Mes /20 días	Consumo Energia ANUAL	Preventivo	Correctivo	Costo Total	COSTO TOTAL ANUAL Energia + Mantenimientos
USAC CIENCIAS JURÍDICAS	LG VRF	19.0	13.30	\$1.33	\$13.30	\$266.00	\$3,192.00	\$1,776.00	\$0.00	\$1,776.00	\$4,968.00

Fuente: Grupo EuroAire. Cotización LG VRF.

Anexo 4. Gráfico de retorno de inversión



Fuente: Grupo EuroAire. Cotización LG VRF.

