



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 ODONTOLOGÍA Y ESCUELA DE CIENCIAS
PSICOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Julio César Augusto Abad Cortéz

Asesorado por el Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera

Guatemala, mayo de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA LA
BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA Y ESCUELA DE CIENCIAS
PSICOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JULIO CÉSAR AUGUSTO ABAD CORTÉZ
ASESORADO POR EL ING. SERGIO FERNANDO PÉREZ RIVERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Núñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Yocasta Ivanobla Ortiz del Cid
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADOR	Ing. Fernando José Alvarez Paz
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 ODONTOLOGIA Y ESCUELA DE CIENCIAS PSICOLÓGICAS 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.


Julio César Augusto Abad Cortéz

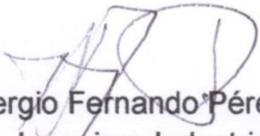
Guatemala, Septiembre del 2016

Ingeniero
Juan José Peralta Dardon
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Por este medio atentamente me dirijo a usted, para comunicarle que he revisado el trabajo de graduación del estudiante **Julio César Augusto Abad Cortéz**, con número de carnet **201113902**, con el título: **"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA LA BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA Y ESCUELA DE CIENCIAS PSICOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"**, luego de realizadas las revisiones correspondientes he encontrado que es satisfactorio, en virtud de lo anterior recomiendo su aprobación.

Sin otro particular me es grato suscribirme.

Atentamente,


Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera
Ingeniero Industrial
Asesor de trabajo de graduación

Sergio Fernando Pérez Rivera
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 1551



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA LA BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA Y ESCUELA DE CIENCIAS PSICOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Julio César Augusto Abad Cortéz**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

María Martha Wolford Estrada
Ingeniera Industrial
Colegiada 6659

Inga. María Martha Wolford de Hernández
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, febrero de 2017.

/mgp



REF.DIR.EMI.057.017

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 ODONTOLOGÍA Y ESCUELA DE CIENCIAS PSICOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Julio César Augusto Abad Cortéz**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2017.

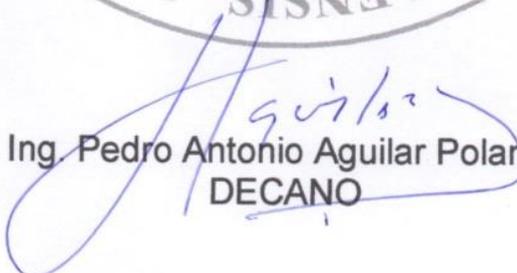
/mgp



Ref. DTG.209-2017

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 ODONTOLOGÍA Y ESCUELA DE CIENCIAS PSICOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Julio César Augusto Abad Cortéz**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
DECANO



Guatemala, mayo de 2017

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por bendecir e iluminar mi vida y mi familia, por darme cada día la vida y permitirme cumplir y luchar por mis sueños.
- Mis padres** Carlos Enrique Abad y Dora Virginia Cortéz de Abad. Por todo su amor, comprensión y apoyo en cada paso de mi vida. Por darme la vida y enseñarme que los sueños se pueden alcanzar con esfuerzo y sacrificio.
- Mis hermanos** José Pablo, Wilson Enrique y Junior Alejandro Abad Cortéz. Por apoyarme todos estos años y compartir conmigo momentos de tristeza y alegría.
- Mi familia** Mis abuelos, tíos, tías, primos y primas, por su apoyo y muestras de cariño.
- Mis amigos** Por todos aquellos que estuvieron en los momentos bueno y malos, en especial a los que estuvieron en los momentos que más los necesitaba. Gracias por su amistad y confianza.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitirme realizar mis estudios y formarme como profesional.
Facultad de Ingeniería	Por todas las experiencias adquiridas que colaboraron con mi crecimiento personal y profesional.
SIBUSAC	Por haberme dado la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación.
Mis amigos de la Facultad	Por su apoyo y compañía, especialmente a los jóvenes Iván Gálvez, Abraham Yach, Rudy Ramos, Gervin Delgado, Albin Iquite, Brallan Cordón, Benjamín Rivera, Luis Barrera y Greddy Esquivel. Por hacer cada día en la universidad más agradable.
Ing. Sergio Pérez	Por asesorarme en la elaboración del presente trabajo de graduación.
Licda. Heidi Molina	Por abrirme las puertas de la Biblioteca de la Facultad de Odontología.

Licda. Ada Rivera

Por abrirme las puertas de la Biblioteca "Dr. Julio Antonio Ponce Valdés" de la Escuela de Ciencias Psicológicas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Facultad de Odontología	1
1.1.1. Historia	2
1.1.2. Misión	3
1.1.3. Visión.....	3
1.1.4. Biblioteca	4
1.1.4.1. Historia	4
1.1.4.2. Misión	5
1.1.4.3. Visión.....	5
1.1.4.4. Valores	5
1.1.4.5. Servicios	6
1.1.4.6. Estructura organizacional	7
1.2. Escuela de Ciencias Psicológicas	8
1.2.1. Historia	9
1.2.2. Misión	10
1.2.3. Visión.....	10
1.2.4. Biblioteca Dr. Julio Antonio Ponce Valdés.....	11
1.2.4.1. Historia	11

	1.2.4.2.	Misión.....	12
	1.2.4.3.	Visión.....	12
	1.2.4.4.	Servicios.....	12
	1.2.4.5.	Estructura organizacional.....	13
2.	SITUACIÓN ACTUAL		15
2.1.	Biblioteca de la Facultad de Odontología.....		15
	2.1.1.	Descripción de las instalaciones	15
		2.1.1.1. Ubicación.....	16
		2.1.1.2. Ubicación de los ambientes.....	17
		2.1.1.3. Techos.....	18
		2.1.1.4. Paredes.....	18
	2.1.2.	Distribución de sistemas de acondicionamiento de aire	20
		2.1.2.1. Temperatura del aire	20
		2.1.2.2. Humedad relativa	21
	2.1.3.	Distribución de mobiliario y actividad	21
		2.1.3.1. Área administrativa.....	22
		2.1.3.2. Área de resguardo de material bibliográfico	23
		2.1.3.3. Área de estudio	24
		2.1.3.4. Salón de Biblioteca.....	25
	2.1.4.	Condiciones internas.....	26
		2.1.4.1. Carga térmica sensible.....	27
		2.1.4.2. Carga térmica latente	27
	2.1.5.	Análisis de aislamiento térmico	28
	2.1.6.	Volumen de aire a evacuar.....	28
		2.1.6.1. Renovación de aire	29
2.2.	Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”		30

2.2.1.	Ubicación	30
2.2.2.	Análisis de las instalaciones	31
2.2.2.1.	Ubicación de los ambientes	32
2.2.2.2.	Techos	33
2.2.2.3.	Paredes	33
2.2.3.	Estado del acondicionamiento de aire	34
2.2.3.1.	Temperatura del aire	34
2.2.3.2.	Humedad relativa	35
2.2.4.	Distribución de mobiliario	36
2.2.4.1.	Área administrativa	36
2.2.4.2.	Área de resguardo de material bibliográfico	37
2.2.4.3.	Área de estudio	38
2.2.5.	Cargas térmicas de climatización	39
2.2.5.1.	Sensibles	40
2.2.5.2.	Latente	40
2.2.6.	Análisis de aislamiento térmico	41
2.2.7.	Volumen de aire a renovar	41
2.2.7.1.	Renovación de aire	41
2.3.	Condiciones externas	42
2.3.1.	Humedad	42
2.3.2.	Temperatura	44
2.3.3.	Carga térmica exterior	46
2.3.3.1.	Carga a través de superficies	46
3.	PROPUESTA	47
3.1.	Factores del diseño de ventilación de la biblioteca	47
3.1.1.	Método de ventilación apropiado para la biblioteca	47

3.1.2.	Cargas térmicas	49
3.1.2.1.	Determinación de cargas.....	51
3.1.3.	Tipo de sistema	74
3.1.3.1.	Descripción del sistema.....	75
3.1.3.2.	Capacidad técnica del equipo	77
3.2.	Diseño de la distribución del sistema	78
3.3.	Especificaciones de la distribución del equipo	79
3.3.1.	Ubicación del equipo	80
3.3.2.	Plano de distribución	81
3.4.	Diseño de aislamiento térmico	83
3.5.	Modificaciones asociadas a la instalación.....	83
4.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	85
4.1.	Instalación del sistema de ventilación	85
4.2.	Mano de obra necesaria para la implementación.....	86
4.3.	Actividades de instalación	86
4.4.	Supervisión de actividades de instalación	87
4.5.	Guatecompras.....	87
4.5.1.	Elaboración de bases y especificaciones técnicas	88
4.6.	Análisis financiero	94
4.6.1.	Costo del equipo	94
4.6.2.	Costos asociados a la instalación del equipo	95
4.6.3.	Proyección de costos de mantenimiento	95
4.6.4.	Valor presente neto	95
4.6.5.	Tasa interna de retorno	98
4.6.6.	Beneficio/costo	98

5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA	99
5.1.	Plan de funcionamiento del sistema de ventilación	99
5.1.1.	Programación de mantenimiento	100
5.1.1.1.	Preventivos y correctivos	101
5.1.1.2.	Diseño de ficha de mantenimiento.....	102
5.2.	Mejora energética.....	103
5.2.1.	Utilización de energía renovable para alimentación del equipo	105
5.2.1.1.	Paneles fotovoltaicos.....	105
	CONCLUSIONES	109
	RECOMENDACIONES.....	111
	BIBLIOGRAFÍA.....	115
	APÉNDICE.....	117
	ANEXOS.....	123

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la Biblioteca de la Facultad de Odontología	8
2.	Organigrama de la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”	13
3.	Biblioteca de la Facultad de Odontología.....	16
4.	Plano de ubicación de ambientes	17
5.	Plano de distribución de mobiliario.....	22
6.	Plano de áreas administrativas	23
7.	Plano del área de material bibliográfico	24
8.	Plano del área de estudios.....	25
9.	Plano del salón de biblioteca.....	26
10.	Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”	31
11.	Plano de ubicación de los ambientes	32
12.	Plano de distribución del mobiliario.....	36
13.	Plano del área administrativa	37
14.	Plano del área de resguardo de material bibliográfico	38
15.	Plano del área de estudios.....	39
16.	Gráfico de humedades del año 2015	44
17.	Gráfico de temperaturas del año 2015.....	45
18.	Componentes de un sistema de refrigeración.....	74
19.	Sistema convencional vrs <i>Inverter</i>	77
20.	Ubicación del equipo de aire acondicionado de la Biblioteca de la Faculta de Odontología.....	80
21.	Ubicación del equipo de aire acondicionado de la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”	81

22.	Ubicación de las unidades evaporadoras de la Biblioteca de la Facultad de Odontología.....	81
23.	Ubicación de las unidades manejadoras de la Biblioteca de la Facultad de Odontología.....	82
24.	Distribución de las condensadoras de la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”	82
25.	Distribución de las unidades manejadoras de la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”	83
26.	Flujo de efectivo.....	97

TABLAS

I.	Ubicación de ambientes.....	17
II.	Distribución promedio de las temperaturas máximas	20
III.	Distribución promedio de la humedad relativa máxima.....	21
IV.	Carga térmica sensible	27
V.	Distribución de los ambientes	32
VI.	Distribución promedio de las temperaturas máximas	35
VII.	Distribución promedio de la humedad relativa máxima.....	35
VIII.	Carga sensible.....	40
IX.	Humedades del año 2015.....	43
X.	Temperaturas del año 2015.....	45
XI.	Rangos de temperatura y humedad para espacios cerrados	48
XII.	Factores que contribuyen al aumento de la temperatura en la Facultad de Odontología.....	49
XIII.	Factores que contribuyen al aumento de la temperatura en la Escuela de Ciencias Psicológicas.....	50
XIV.	Medidas y conversiones de áreas de la Biblioteca de la Facultad de Odontología	52

XV.	Diferencia de temperatura para cargas de enfriamiento para calcular cargas de techos planos	53
XVI.	DTCE para calcular cargas de paredes	54
XVII.	Grupos de construcciones de paredes.....	55
XVIII.	Corrección de la DTCE por latitud y mes, para aplicar a paredes y techos, latitud norte	56
XIX.	Diferencias de conducción de carga de enfriamiento a través de un vidrio	59
XX.	Coeficiente global U de transferencia de calor para el vidrio (BTU/h*pie ² *0 F).....	60
XXI.	Radiación solar a través de vidrio y factores de ganancia máxima de calor solar para un vidrio BTU/h*pie ²	62
XXII.	Coeficientes para vidrio con o sin sombreado interior	63
XXIII.	Factores de carga de enfriamiento para vidrio sin sombrado interior...	64
XXIV.	Requisitos de ventilación para ocupantes	66
XXV.	Ganancias de calor por personas	68
XXVI.	Ganancias de calor debidas a aparatos eléctricos.....	70
XXVII.	Resumen de ganancias de calor de la Biblioteca de la Facultad de Odontología.....	71
XXVIII.	Medidas y conversiones de áreas de la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”	72
XXIX.	Cálculos para la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”	73
XXX.	Especificaciones técnicas del equipo	90
XXXI.	Costos de equipo	94
XXXII.	Costos comparativos.....	96
XXXIII.	Ficha de mantenimiento	103

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
dB	Decibeles
\$	Dólar estadounidense
<i>on-off</i>	Encendido-apagado
°	Grado
° C	Grado centígrado
° F	Grado Fahrenheit
KW/h	Kilowatt hora
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
mm	Milímetro
'	Minuto
CFM	Pie cúbico por minuto
Q.	Quetzales
“	Segundo
BTU	Unidad térmica británica
VRF	<i>Variable Refrigerant Flow</i>

GLOSARIO

Armaflex	Aislamiento térmico flexible para tuberías y conductos en equipos de aire acondicionado y refrigeración, los cuales evitan la condensación y contribuyen al ahorro energético de los equipos.
ASHRAE	Sociedad americana de ingeniería en calefacción, refrigeración y aire acondicionado, por sus siglas en inglés American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
DTCE	Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento.
Estomatología	Rama de las ciencias de la salud encargada del diagnóstico, tratamiento y prevención del aparato estomatológico, el cual incluye: dientes, encías, lengua y paladar.
Epoxi	Polímero termoestable, con el cual se fabrican pinturas y adhesivos, los cuales tienen la función de proteger de la corrosión.
Flip-on	Dispositivo electromagnético que funciona como interruptor de corriente y el cual se utiliza

comúnmente para proteger de sobrecargas y/o cortocircuitos.

Insivumeh

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

Inverter

Dispositivo electrónico capaz de regular el voltaje, corriente y frecuencia de alimentación de un aparato eléctrico.

Led

Componente optoelectrónico conocido como diodo emisor de luz, o por sus siglas en inglés Light Emitting Diode.

Llave Allen

Herramienta usada para atornillar o desatornillar tornillos que tienen la cabeza de forma hexagonal. Existen de diferentes medidas, las cuales se basan en el diámetro interior de la cabeza del tornillo.

Policristalino

Célula de silicio cuya solidificación no se realiza en un solo cristal sino en múltiples. Es el componente principal de los paneles solares debido a su capacidad de fabricación para paneles en forma cuadrada.

SEER

Índice de eficiencia energética estacional, por sus siglas en inglés *Seasonal Energy Efficiency Ratio*, con el cual se califican los aparatos de aire acondicionado.

SketchUp

Software de dibujo 2D y 3D.

SIBUSAC

Sistema Bibliotecario de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

RESUMEN

La Biblioteca de la Facultad de Odontología y la Biblioteca de la Escuela de Ciencias Psicológicas, por su ubicación y posición geográfica, presentan parámetros y variables diferentes, las cuales se deben analizar por separado para lograr una correcta climatización en cada una de ellas.

Para determinar la cantidad y capacidad de los equipos a utilizar, se realizó un análisis de todos los factores tanto internos como externos, los cuales contribuyen al aumento del calor interno, dando como resultado la carga térmica de cada biblioteca en BTU/h. Con ella se debe seleccionar el sistema que garantice la correcta renovación de aire y que mantenga la temperatura dentro de los parámetros de la zona de confort.

Los sistemas propuestos fueron seleccionados tomando en cuenta la cantidad de BTU/h que debe abatir cada equipo, la eficiencia energética, los costos de operación y el que fueran estéticamente acordes a las bibliotecas. También se exponen los costos del equipo, así como los costos de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, que se manejan actualmente en el mercado.

Se plantean las bases y especificaciones técnicas para la adquisición de los equipos, con base en la Ley de Compras y Contrataciones del Estado, a través del Sistema Guatecompras. Además se sugiere la mejora energética, con base en el uso de energía renovable con paneles fotovoltaicos.

OBJETIVOS

General

Proponer el mejoramiento del sistema de ventilación, a través de un sistema de acondicionamiento de aire, para las bibliotecas de la Facultad de Odontología y Escuela de Ciencias Psicológicas.

Específicos

1. Definir las variables que generan el aumento de la temperatura en los ambientes internos de la biblioteca, para mejorarlos y controlarlos.
2. Lograr una correcta renovación del aire para reducir los contaminantes del ambiente.
3. Crear un ambiente adecuado para la preservación del material bibliográfico y que cumpla las expectativas de los usuarios.
4. Calcular y seleccionar un sistema de acondicionamiento de aire con base en la carga térmica de refrigeración de cada uno de los ambientes existentes.
5. Diseñar la correcta distribución del equipo en cada uno de los ambientes.
6. Bosquejar una guía de programación de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo.

7. Elaborar las bases y especificaciones técnicas para la adquisición del equipo por medio de Guatecompras.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de un sistema de ventilación adecuado se ha hecho indispensable para cualquier tipo de edificio, ya que está destinado principalmente para el confort de los ocupantes. Es por ello que dentro del presente trabajo de graduación se desarrollará una propuesta para mejorar el sistema de ventilación actual dentro del área de las bibliotecas de la Facultad de Odontología y la Escuela de Ciencias Psicológicas, con base en el análisis de factores que influyen, afectan y generan el problema de ventilación de las bibliotecas en general.

Ambas bibliotecas pertenecen al Sistema de Bibliotecas de la Universidad de San Carlos de Guatemala (SIBUSAC). La Biblioteca de la Facultad de Odontología fue fundada en 1940 y está ubicada en el edificio M3, tercer nivel, Ciudad Universitaria, zona 12, mientras que la Biblioteca de la Escuela de Ciencias Psicológicas fue fundada en 1989, se encuentra en el Centro Universitario Metropolitano, edificio "A", 1er. nivel, salón 126. Ambas en la Ciudad de Guatemala. En ellas se desarrollan diversas actividades que promueven y facilitan el aprendizaje y la enseñanza de las diversas ramas que se desarrollan dentro de la unidad académica a la que pertenecen, para lo cual cuentan con documentaciones, ambientes de estudio y múltiples servicios.

En la actualidad la ventilación de las bibliotecas es controlada por un solo sistema de acondicionamiento de aire que es proporcionado por un *split*, el cual no es suficiente para el volumen de aire que se tiene que renovar y evacuar dentro de la biblioteca, además de que la mayoría de ventanas están cerradas en su totalidad, por lo que el mejorar el control de la temperatura interna

mejorará el ambiente de trabajo, tanto para el personal administrativo como para los visitantes, ayudando a la correcta conservación de los materiales que se encuentran dentro de la misma y previniendo otros problemas distintos.

Para mayor comprensión, este documento cuenta con una división de cinco capítulos, los cuales se encuentra subdivididos en temas y subtemas que permitirán la correcta comprensión e interpretación de cada tema desarrollado. Así, en el primer capítulo se realizará un análisis de los antecedentes históricos y las generalidades de las instituciones y de sus respectivas bibliotecas. En el segundo capítulo se expone la situación actual de las bibliotecas, la descripción de las instalaciones y el análisis de los diferentes ambientes, tomando en cuenta factores que llevan a tener la problemática actual. En el tercer capítulo se brindarán soluciones de mejora para la problemática actual, con base en el diagnóstico de la situación que se realizó previamente.

Para el cuarto capítulo se propone la manera de implementar un sistema de ventilación que satisfaga las necesidades, proporcionando la información y las herramientas adecuadas que se deben utilizar al momento de que se lleve a cabo el proyecto, tomando en cuenta las actividades a realizar para su implementación. Por último, en el capítulo cinco se propone un plan de monitoreo para el sistema de ventilación implementado.

1. ANTECEDENTES GENERALES

La información presentada a continuación, tanto para la Biblioteca de la Facultad de Odontología como para la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”, fue obtenida del Catálogo de Estudios 2008 que se encuentra disponible en la página *web* de la Universidad de San Carlos de Guatemala, así como de trifolios de información y páginas *web* de las respectivas bibliotecas, fuentes que tienen la finalidad de presentar un contexto histórico e informativo de las unidades analizadas.

1.1. Facultad de Odontología

Es la encargada de proporcionar las condiciones adecuadas para que el futuro estomatólogo obtenga conocimientos y desarrolle habilidades intelectuales y psicomotoras, hábitos y actitudes esenciales para el ejercicio de una estomatología técnica, científica, ética y socialmente adecuada para Guatemala. Para ello cuenta con una organización académica dividida en diferentes unidades y/o departamentos que agrupan las disciplinas afines y son: área básica, diagnóstico y patología oral, médico quirúrgica, odontopediatría, operatoria, restaurativa, socio preventiva, clínicas, planificación, laboratorios, educación, postgrado. Cuenta, además, dentro de las instalaciones, con la clínica de grado en el edificio M-1 y la clínica de postgrado en el edificio M-3, con diferentes servicios y tratamientos a la población en general, a precios favorables, tomando en cuenta que son clínicas tutoriales supervisadas.

1.1.1. Historia

Los estudios de odontología en Guatemala inician de forma organizada el 1 de mayo de 1895, bajo el decreto legislativo No. 297 con la fundación del Instituto Dental de la entonces Facultad de Medicina, Cirugía y Farmacia. Durante la reorganización de la Universidad de San Carlos en 1926, se separan la Facultad de Medicina y Cirugía de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. A raíz de esto se establece la Escuela de Odontología como una dependencia de la Facultad de Medicina y Cirugía.

El 1 de abril de 1940 surge la Facultad de Odontología bajo el decreto gubernativo No. 2336. Su junta directiva se instaló el 9 de abril y tuvo como sede el edificio que ocupaba anteriormente la Escuela Dental. De esta manera desarrolló sus actividades hasta el año 1965, durante el cual se inició una modificación al plan de estudios que tenía como principales características la realización sistemática, gradual y creciente de experiencias docentes con la comunidad, concluyendo con la realización del programa de ejercicio profesional supervisado, que vino a constituir el sexto año de la carrera; así mismo, los dos primeros años se incorporaron al denominado Departamento de Estudios Generales.

En el año 1968, al desaparecer el Departamento de Estudios Generales, los estudiantes de Odontología de primero y segundo año se incorporaron a la Facultad de Ciencias Médicas mediante un acuerdo entre ambas Facultades, sin embargo, a través de los años fue señalándose que la formación de los futuros odontólogos no llenaba las expectativas. Es así como en 1993 se conoció un informe de una comisión específica, que tenía como objeto analizar la situación del currículo de la Facultad. Dicho informe evidenció un desfase en la formación del profesional de la Odontología.

Ese mismo año la Universidad de San Carlos de Guatemala publicó los resultados del estudio denominado “Evaluación del Sistema Educativo de la Facultad de Odontología”. Con base en lo expresado anteriormente, la Junta Directiva de la Facultad de Odontología aprobó el reordenamiento curricular correspondiente, según consta en el punto primero del acta 24495 del 29 de noviembre de 1995. Desde esa fecha hasta la actualidad se busca proporcionar las condiciones adecuadas para que los estudiantes desarrollen y obtengan los conocimientos y habilidades, así como las actitudes y hábitos para el ejercicio de la estomatología técnica, científica, ética y socialmente adecuada para Guatemala.

1.1.2. Misión

“Formar recurso humano en el área del conocimiento estomatológico, con excelencia académica y de vanguardia, mediante la adecuada planificación de programas de investigación, docencia y extensión, teniendo en cuenta la diversidad cultural, social y lingüística del país. Siempre con valores éticos, responsables y comprometidos con el desarrollo sostenible nacional y regional”.¹

1.1.3. Visión

“Construir una Facultad de Odontología competitiva e involucrada de forma institucional en el contexto nacional, regional e internacional, formando profesionales en estomatología, certificados y acreditados, éticos, responsables y dedicados a la prevención y curación de enfermedades bucales,

¹ Facultad de Odontología. *Misión.*
http://sitios.usac.edu.gt/wp_odontologia/?page_id=24. Consulta: 10 de junio de 2016.

comprometidos además con su entorno social y el desarrollo sostenible de la población guatemalteca”.²

1.1.4. Biblioteca

La Biblioteca de la Facultad de Odontología tiene como fin fundamental servir y apoyar convenientemente la totalidad de actividades de enseñanza-aprendizaje, investigación y trabajo universitario contemplados en los currículos de Grado y Postgrado de la Unidad Académica de la Facultad de Odontología. Además es una dependencia de apoyo al quehacer de la Unidad Académica.

En ella se desarrollan e incentivan actividades y acciones para facilitar y promover el aprendizaje de la Estomatología, congruentes con el Currículum de Estudios, la realidad nacional guatemalteca y la cultura general. Dispone para ello de diversos tipos de documentación, ambientes de estudio y servicios con múltiples ayudas sensoriales. Funciona en horario de 7:30 a 15:30 horas y se está pensando en un futuro ampliar el funcionamiento hasta las 17:30 horas. Este horario de funcionamiento se estableció debido a que la mayoría de actividades dentro de la facultad culminan a las 15:30 horas. Además de poder realizar consultas por teléfono al 2818-8221.³

1.1.4.1. Historia

Desde la fundación de la Facultad de Odontología en 1940, se creó la Biblioteca de la Facultad, trabajando en servir y apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje para cumplir con los objetivos de la Facultad de formar excelentes profesionales.

A través de los años y según el desarrollo de la historia universitaria, la biblioteca pasó a formar parte de Biblioteca Central, como todas las demás, al centralizarse en el Edificio de Recursos Educativos, para más adelante regresar a la Facultad para continuar como Biblioteca especializada.

En la Administración del Dr. Carlos Alvarado como Decano de la Facultad de Odontología, se desarrolla un proyecto de innovaciones para la biblioteca, lo que permite que se desarrolle y surja con mejores servicios y personal profesional en Bibliotecología, a partir del año 2001.⁴

² Facultad de Odontología. *Visión.*

http://sitios.usac.edu.gt/wp_odontologia/?page_id=24. Consulta: 10 de junio de 2016.

³ Biblioteca de la Facultad de Odontología, Usac. *Planeación estratégica*. Consulta: 10 de junio de 2016.

⁴ *Ibídem*

1.1.4.2. Misión

“Cumplir con sus funciones institucionales de cooperación documental y bibliográfica a la población estudiantil, docente y administrativa de la Facultad de Odontología, facilitando un servicio técnico y actualizado en el manejo de colecciones organizadas y tecnificadas para brindar un acceso sencillo y rápido”.⁵

1.1.4.3. Visión

“Promover por todos los medios a su alcance la investigación en todos los aspectos que afecten el desarrollo científico y tecnológico de la Odontología, contribuyendo a elevar el nivel espiritual de los usuarios e involucrados, conservando, promoviendo y difundiendo la cultura y el saber científico”.⁶

1.1.4.4. Valores

Los valores incluidos dentro de la planeación estratégica son los siguientes:

- Excelencia académica: conjunto de cualidades que fortalecen la formación profesional.
- Cooperación nacional: acciones encaminadas a la ayuda entre diferentes bibliotecas, primero entre bibliotecas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y luego con las otras instituciones nacionales que lo requieran, para un mejor desarrollo y fortalecimiento de los servicios bibliotecarios.
- Ética: principios que regulan las buenas relaciones entre el personal de la Biblioteca y la relación con los usuarios.
- Inclusión: que los servicios de biblioteca son brindados a todos por igual.
- Respeto: consideración a las necesidades de los usuarios en la prestación de servicios, poniendo de manifiesto los derechos y deberes de cada uno.
- Servicio: actividades encaminadas a cumplir con las necesidades de información de los usuarios.⁷

⁵ Biblioteca de la Facultad de Odontología, Usac. *Planeación estratégica*. Consulta: 10 de junio de 2016.

⁶ Ibídem

⁷ Ibídem

1.1.4.5. Servicios

Se cuentan con diferentes servicios, los cuales están en constante actualización y modernización, y buscan mejorar el sistema enseñanza aprendizaje de sus visitantes, para ello los servicios que presta la biblioteca son:

- Revistas científicas: la Biblioteca de la Facultad de Odontología cuenta con revistas científicas en diferentes especialidades de la Estomatología. La consulta está disponible para todos los usuarios en el horario de atención al público.
- Anaquel abierto: la Biblioteca de la Facultad de Odontología funciona con el sistema de anaquel abierto. Este sistema permite al usuario llegar libremente a los estantes, buscar, tomar y comparar el contenido de las unidades documentales y seleccionar lo que se apegue a sus necesidades de información.
- Consulta y referencia: servicio que orienta al usuario a utilizar eficientemente los recursos de búsqueda y recopilación de información que posee esta y otras bibliotecas. Este servicio incluye: consulta telefónica, correo electrónico e Internet.
- Préstamos: todos los usuarios de la Biblioteca de la Facultad de Odontología pueden consultar las obras en sus instalaciones. El préstamo externo es únicamente para profesores, estudiantes y personal administrativo de la Facultad de Odontología. Para obtener el material en préstamo externo es necesario:
 - Carné vigente de la Facultad de Odontología.
 - Plazo del préstamo: tres días hábiles, renovables si el material no ha sido solicitado.
 - Las obras de la sección de referencia y publicaciones periódicas no tienen préstamo externo.
- Catálogo manual y automatizado del fondo bibliográfico: base de datos sistematizada de consulta manual y electrónica, con la descripción e identificación de la totalidad del material bibliográfico que posee esta Biblioteca.
- Periódico del día: se dispone diariamente del periódico nacional Prensa Libre para los usuarios de la Biblioteca de la Facultad de Odontología, bajo el sistema de consulta interna.
- Boletines informativos: bajo la forma de Alerta de nuevas adquisiciones y Lista de Contenidos se divulga a los usuarios de la Biblioteca de la Facultad de Odontología el material disponible, obras recientemente adquiridas y los contenidos de las publicaciones periódicas.
- Revisión de referencias bibliográficas: se ofrece a los usuarios de la Biblioteca de la Facultad de Odontología asesoría en la redacción de referencias bibliográficas para trabajos de tesis y otras investigaciones tanto de grado como de postgrado. Con base en la "Guía para la elaboración de bibliografías en trabajos de investigación", aprobada por Junta Directiva para la Facultad de Odontología.
- Préstamo de herramientas: los usuarios de la Biblioteca de la Facultad de Odontología disponen para préstamo externo de una serie de herramientas para trabajos manuales y reparaciones, tales como martillos, alicates, desatornilladores, extensiones eléctricas, cepillos para madera, cables

para traspaso de corriente eléctrica entre automóviles, llaves de cola corona, etc.

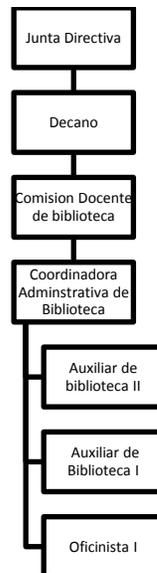
- Estantería para exhibición: los usuarios disponen de una vitrina para tener expuestos a la vista, con seguridad y sin deterioro, objetos de arte, o cualquier otro artículo de valor cultural
- *Documentum* digital: esta sección proporciona acceso a una colección digitalizada de documentos de ayuda y valor cultural. Incluye archivos de audio y video.
- Galería: sitio que proporciona acceso a imágenes digitalizadas de curiosidades científicas Estomatológicas, arte y cultura guatemaltecas.
- Tesis en formato digital: estas se encuentran disponibles a partir de julio del año 2004.
- Repositorio académico digital de la USAC: la Biblioteca de la Facultad de Odontología forma parte del Repositorio de SIUSAC, el cual es un sistema que almacena y mantiene información digital de la producción académica y científica de la universidad que permite dar a conocer copias digitales de obras, publicadas o no, previamente para que estén disponibles en acceso abierto a través de Internet. Sus beneficios son:
 - Visibilidad y difusión mundial de documentos publicados
 - Perdurabilidad
 - Reconocimiento.⁸

1.1.4.6. Estructura organizacional

En la siguiente página se presenta de manera gráfica la estructura organizacional de la Biblioteca de la Facultad de Odontología, con sus unidades administrativas y los niveles jerárquicos de los puestos de trabajo. Se hace por medio de un organigrama del tipo vertical:

⁸ Facultad de Odontología. *Servicios*. <http://www.usac.edu.gt/fdeo/biblio/>. Consulta: 10 de julio de 2016

Figura 1. **Organigrama de la Biblioteca de la Facultad de Odontología**



Fuente: Biblioteca de la Facultad de Odontología.

1.2. **Escuela de Ciencias Psicológicas**

Es la encargada de formar profesionales en psicología y en la ciencia de la actividad física, capaz de intervenir humana, científica y técnicamente en forma eficiente y eficaz, para atender la salud mental y el desarrollo físico de la población guatemalteca. Para ello cuenta con cuatro centros de atención psicológica para niños, adolescentes y adultos, ubicados en el edificio A del Centro Universitario Metropolitano (CUM). Sirve también las siguientes carreras técnicas:

- Orientación Vocacional y Laboral
- Profesorado en Educación Especial
- Profesorado de Enseñanza Media en Psicología
- Terapia Ocupacional y Recreativa
- Terapia del Lenguaje

El área de educación física y recreación se ubica en el edificio M-3, Campus Central, zona 12. La actividad física está a cargo de la Escuela de Ciencia y Tecnología de la Actividad Física y el Deporte (Ectafide), la cual depende económica y administrativamente de la Escuela de Ciencias Psicológicas, sin embargo, tiene sus propias autoridades y su propia biblioteca.

1.2.1. Historia

Los estudios de psicología en Guatemala dan inicio en el año de 1946 en la Facultad de Humanidades de la Universidad de San Carlos, incorporando los cursos de psicología a las carreras que esta servía. En el año de 1948 fue formado el Instituto de Psicología e Investigaciones Psicológicas de la Facultad de Humanidades, bajo la dirección del Doctor Antonio Román Durán, de origen español. No obstante, no fue sino hasta el año de 1949 cuando se cambió el nombre de dicho instituto y se constituyó como el Departamento de Psicología de la misma Facultad de Humanidades. En 1950 aparece el primer plan de estudios que contempla desde el profesorado de enseñanza media en psicología hasta el doctorado.

De 1970 a 1974 un movimiento estudiantil planteó cambios sustanciales para la transformación académica del departamento, lo cual culminó con el desarrollo de un congreso de reestructura de psicología, a través del cual se solicitó a las autoridades universitarias la separación del Departamento de Psicología de la Facultad de Humanidades y su transformación en una facultad independiente.

El Consejo Superior Universitario, por acuerdo de fecha 24 de julio de 1974, creó la Escuela de Ciencias Psicológicas, dependiente de la Rectoría de la Universidad, con capacidad para administrar la enseñanza profesional en

el área de estudios de dicha ciencia, así como otorgar los títulos y grados académicos establecidos en las leyes universitarias. Durante 1976 se establecieron los centros de práctica, los cuales brindan a la población guatemalteca atención psicológica, y también se crearon las carreras técnicas, aprobadas por el Consejo Superior Universitario en marzo de 1981.

La Escuela de Ciencias Psicológicas funcionó hasta 1998 en el edificio M-5 del Campus Central, zona 12. En el año de 1999 el consejo directivo acepta el traslado de la Escuela de Ciencias Psicológicas al Centro Universitario Metropolitano (CUM), ubicado en la 9na avenida 9-45 de la zona 11. Actualmente la Escuela de Ciencias Psicológicas funciona con tres jornadas: nocturna de 17:30 a 20:30 (esta desde su creación); vespertina de 14:00 a 17:00 (desde 1985), y matutina de 08:00 a 12:00 (desde 1995).

1.2.2. Misión

“Desarrollar programas de investigación, docencia y extensión con carácter multi, inter y transdisciplinario; con un equipo de profesores, estudiantes e investigadores que participen activamente en los procesos de construcción y deconstrucción de conocimientos, con intención de contribuir al bienestar integral de la sociedad guatemalteca en todos los contextos y componentes culturales”.⁹

1.2.3. Visión

“Facultad a la vanguardia en el desarrollo científico, social y humanístico de la Psicología en Guatemala, con egresados de excelencia académica,

⁹ Escuela de Ciencias Psicológicas. *Misión.*
<http://www.psicologia.usac.edu.gt/content/misi%C3%B3n-y-visi%C3%B3n>. Consulta: 15 de julio de 2016

portadores de valores éticos, creativos y propositivos ante la diversidad sociocultural del país; comprometidos en la construcción de una sociedad para la democracia y la convivencia en una cultura de paz”.¹⁰

1.2.4. Biblioteca Dr. Julio Antonio Ponce Valdés

La Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés” cuenta con libros de texto y de consulta, obras de referencia, revistas especializadas sobre temas de psicología y tesis de pregrado, grado y postgrado. Ofrece a los usuarios materiales para consulta interna y externa. Tiene diferentes herramientas para realizar una búsqueda de información como: catálogo manual, catálogo electrónico y listado de tesis e informes de EPS. Funciona en horario de 8:00 a 19:30 horas y está ubicada en el primer nivel del edificio A.

1.2.4.1. Historia

La Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés” se creó en el año 1989 según Punto DÉCIMO SEXTO del ACTA 29-89, del 17 de agosto de 1989. A solicitud de un grupo de estudiantes, el Consejo Directivo de la Escuela tomó la decisión de crear un centro de información para que los estudiantes contaran con los recursos necesarios para realizar sus investigaciones.

El Consejo Directivo estaba integrado por el Licenciado José Norberto Villatoro, Director; Lic. Víctor Hugo Lemus, Secretario; Carlos Conde González, Iván González y Ronald Solís Zea, Representantes Estudiantiles. En el mismo punto de acta se acuerda denominarla “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”, en memoria del primer director de la Escuela de Ciencias Psicológicas.

La biblioteca brindó sus servicios en el edificio M-5 de la ciudad universitaria, zona 12, del uno de septiembre de 1989 a diciembre de 2000. En enero de 2001 se trasladó al Centro Universitario Metropolitano, Edificio “A”, 1er. Nivel, salón 126.¹¹

¹⁰ Escuela de Ciencias Psicológicas. *Visión.*
<http://www.psicologia.usac.edu.gt/content/misi%C3%B3n-y-visi%C3%B3n>. Consulta: 15 de julio de 2016

¹¹ Escuela de Ciencias Psicológicas. *Biblioteca.*
<http://www.psicologia.usac.edu.gt/biblioteca>. Consulta: 15 de julio de 2016.

1.2.4.2. Misión

“Proveer a estudiantes, docentes e investigadores, los recursos bibliográficos necesarios para que realicen investigaciones, contribuyendo a alcanzar los objetivos de la docencia, a fin de que los estudiantes adquieran una base sólida para enfrentar con éxito la problemática psicosocial de nuestro país”.¹²

1.2.4.3. Visión

“Constituirnos en la Unidad de Información modernizada a través de los servicios y productos acordes a las nuevas tecnologías de la información e incidir en la calidad académica de la Escuela de Ciencias Psicológicas”.¹³

1.2.4.4. Servicios

Los servicios con los que cuenta la biblioteca actualmente son los siguientes:

- 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).
- Catálogo en línea, disponible desde: <http://biblioteca.psicologia.usac.edu.gt/>.
- 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.
- Consulta de catálogos electrónicos y catálogos en línea.¹⁴

¹² Escuela de Ciencias Psicológicas. *Biblioteca.*
<http://www.psicologia.usac.edu.gt/biblioteca>. Consulta: 15 de julio de 2016.

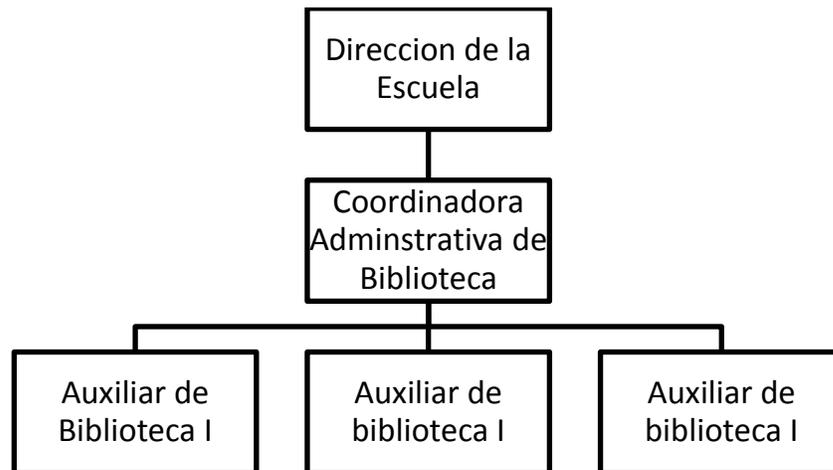
¹³ *Ibidem*

¹⁴ *Ibidem*

1.2.4.5. Estructura organizacional

En la siguiente página se representa de manera gráfica la estructura organizacional de la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”, con sus unidades administrativas y los niveles jerárquicos de los puestos de trabajo, mediante un organigrama del tipo vertical.

Figura 2. **Organigrama de la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”**



Fuente: Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”.

2. SITUACIÓN ACTUAL

Se describen las instalaciones de cada una de las bibliotecas, así como su composición física y distribución de mobiliario. Se mide el impacto negativo y positivo que cada una tiene dentro de la problemática actual.

2.1. Biblioteca de la Facultad de Odontología

Actualmente la Biblioteca de la Facultad de Odontología es una de las bibliotecas de tamaño medio con las que cuenta el SIBUSAC, pero presenta carencias dentro de cada una de sus áreas, ya que por el número de estudiantes que debe atender y por las condiciones climáticas externas, la temperatura interna tiende a aumentar drásticamente. A pesar de que cuenta con cuatro sistemas de refrigeración del tipo *split*, estos no son suficientes para realizar las renovaciones de aire necesarias y contribuir a que se tenga una temperatura de confort adecuada.

2.1.1. Descripción de las instalaciones

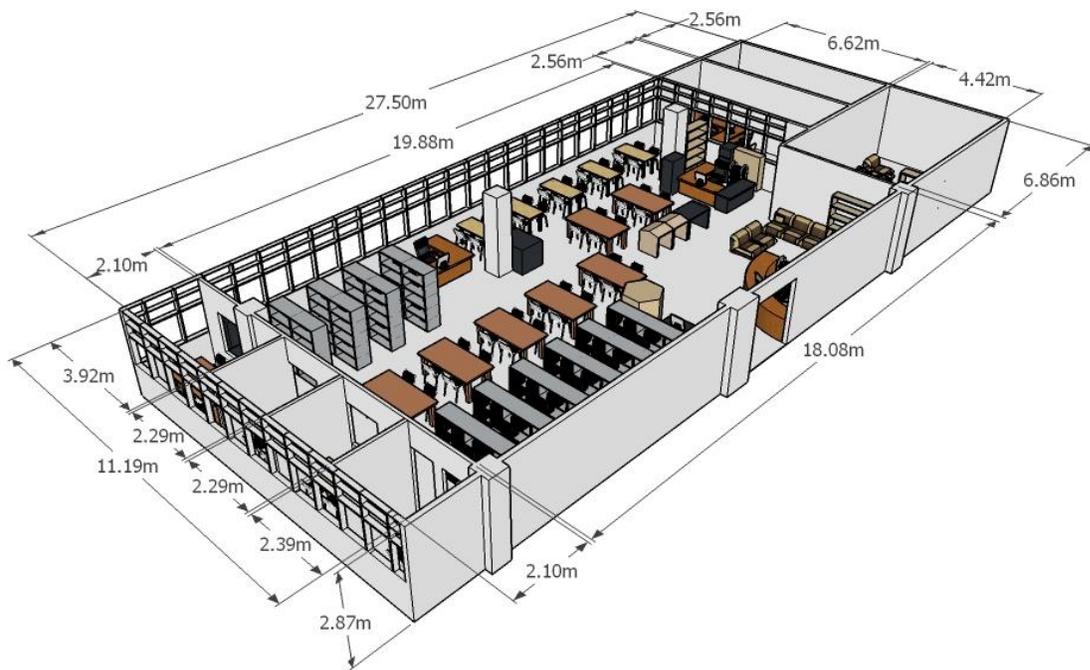
La biblioteca cuenta con instalaciones para la consulta de material bibliográfico, área de cubículos de estudio con capacidades de 3 a 5 personas, un salón de biblioteca con capacidad máxima de 20 personas, una cocineta comedor y 4 áreas administrativas, las cuales se dividen en la dirección administrativa, oficinista y los dos auxiliares de biblioteca. La mayoría de las instalaciones han sufrido remodelaciones recientes, con el fin de contribuir a la modernización de la biblioteca.

Dentro de estas remodelaciones se encuentra el reacomodo de las instalaciones eléctricas, específicamente las de iluminación y la utilización de tabla yeso y vidrio en paredes y puertas, además del uso de cielo falso reticulado en la mayoría de sus instalaciones. Cuenta con una capacidad para 80 personas.

2.1.1.1. Ubicación

La Biblioteca de la Facultad de Odontología se encuentra en el edificio M-4, tercer nivel, Campus Central, Ciudad Universitaria, zona 12.

Figura 3. **Biblioteca de la Facultad de Odontología**

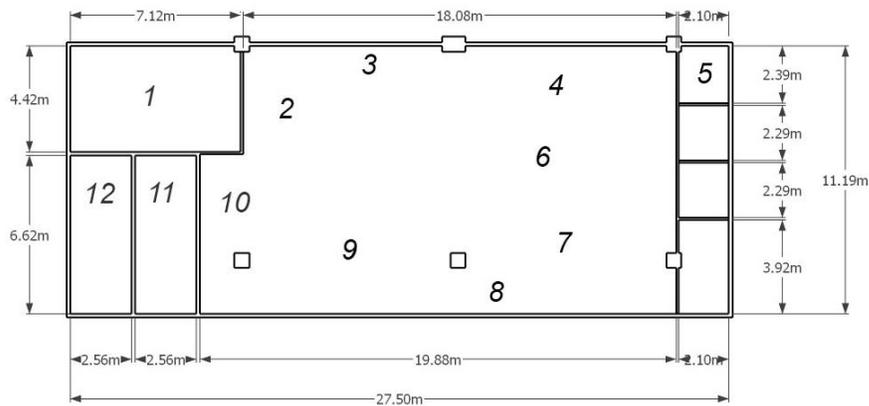


Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

2.1.1.2. Ubicación de los ambientes

La Biblioteca de la Facultad de Odontología cuenta con 307,73 m², los cuales están distribuidos como se muestra en el plano de ubicación de los ambientes de la figura 4, y en la tabla I, su respectiva numeración y descripción del área:

Figura 4. Plano de ubicación de ambientes



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

Tabla I. Ubicación de ambientes

Número	Descripción
1	Salón de biblioteca
2	Sala de lectura
3	Auxiliar de biblioteca II
4 y 7	Área de resguardo de material bibliográfico
5	Área de cubículos
6 y 9	Área de estudios
8	Auxiliar de biblioteca I
10	Oficinista I
11	Coordinadora administrativa de la biblioteca
12	Cocineta comedor

Fuente: elaboración propia.

2.1.1.3. Techos

En los techos de la biblioteca predomina el cielo falso o raso estilo reticulado, el cual se encuentra instalado en los cubículos, la sala de estudios, el salón de la biblioteca y parte del área administrativa. El resto de la biblioteca cuenta con un techo con losa nervada de concreto reforzado, específicamente en la oficina de dirección y la cocineta comedor.

El cielo falso reticulado, además de presentar un acabado estético para la biblioteca, es resistente a condiciones de humedad y tiene una propiedad anti fuego que se diseña con distintos grados de resistencia al mismo, además cuenta con atributos de aislación acústica y térmica. Esta última es la que no permite que se escape el calor y que se vuelva un problema de temperatura dentro de la biblioteca, pero el cielo falso ayuda a la modernización de la misma, que es lo que se pretende, debido a que oculta el paso de instalaciones eléctricas y de ductos que se deseen utilizar con otro fin y se deseen ocultar, para lo cual es una ventaja contar con este tipo de techo secundario dentro de la biblioteca.

2.1.1.4. Paredes

Las paredes son de mampostería reforzada con acabados de repello y cernido, teniendo únicamente de tabla yeso la división entre cubículos y el salón de la biblioteca, además del uso de vidrio en las paredes de tabla yeso de los cubículos que dan hacia el salón de estudios. El uso de la mampostería en las instalaciones es común en los edificios que están dentro de la universidad. Estas paredes tienen las características de poseer suficiente resistencia mecánica para soportar las cargas impuestas con seguridad, cuentan con una adecuada capacidad acústica y de aislación térmica, son impermeables y

durables y, lo más importante, aseguran las condiciones de habitabilidad de los ambientes.

En cuanto a la aislación térmica, las paredes de mampostería no permiten que se escape el calor interno y que ingrese el calor externo, pero no contribuyen a que el calor interno aumente, sin embargo, las paredes de tabla yeso presentan un grado mayor de aislamiento térmico comparado con las de mampostería y esto hace que sea más difícil evacuar el calor interno y que la temperatura aumente a mayor velocidad. Por otro lado, el uso de vidrio en algunas de las paredes contribuye al aumento de la temperatura, ya que el vidrio es un excelente aislante térmico en favor del calor pues no cuenta con algún poro para evacuar el mismo. En cuanto a las paredes, las que más contribuyen al aumento del calor son las de vidrio con tabla yeso, el resto contribuye de menor manera.

Junto con las paredes se analizan las ventanas, ya que estas forman parte importante dentro de la composición de las paredes. Las ventanas en su totalidad cuentan con un marco metálico con divisiones de aluminio, y se utiliza un vidrio fijo y varios móviles que son proyectables hacia afuera. La mayoría de estas se encuentran cerradas, ya que debido a la altura que se encuentra la biblioteca, el viento circula a una velocidad muy alta que hace que la estada dentro de la biblioteca se vuelva incómoda pues mueve cortinas y persianas, incluso el material que estén utilizando los estudiantes, es por ello que se optó por que se encuentren cerradas. Debido a esto, el calor del sol que actúa sobre el vidrio ayuda a aumentar la temperatura interna, ya que actualmente no se cuenta con una película de control solar, tanto en el interior como en el exterior. Esta película permite que el ingreso de calor y rayos uv se reduzca en un 50% o más, por lo que el calor interno se vería reducido al momento de utilizar este tipo de película protectora.

2.1.2. Distribución de sistemas de acondicionamiento de aire

Actualmente se cuenta con 4 sistemas de aire acondicionado tipo *split*, los cuales están ubicados de la siguiente manera: 3 en el área de estudio y 1 en el salón de la biblioteca. Estos sistemas funcionan a una temperatura de entre 19°C y 22°C en los momentos donde la temperatura interna aumenta arriba de los 26°C, además no funcionan al mismo tiempo sino que se van rotando al momento del uso, esto con la finalidad de ahorrar costos de mantenimiento, por lo que disminuir la temperatura lleva mucho más tiempo.

2.1.2.1. Temperatura del aire

La temperatura del aire dentro de la biblioteca se encuentra entre los 26°C y 29°C, esto provocado por el tipo de aislamiento que cuenta la biblioteca debido a que en su mayoría los elementos que la conforman le ayudan a ganar temperatura, pero perderla se hace demasiado difícil, ya que existen pocos lugares por donde el flujo de aire interno pueda salir al exterior y que la carga de refrigeración actual que proveen los *split* no sea suficiente para generar una temperatura de confort.

Tabla II. **Distribución promedio de las temperaturas máximas**

Área	Temperatura máx. promedio ° C
Administrativas	26
De estudios	30
De resguardo de material bibliográfico	26,9
Cubículos	26,8
De exposiciones	29

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.2. Humedad relativa

La humedad relativa de la biblioteca se encuentra entre 45% y 60%, siendo esta adecuada para un ambiente de trabajo agradable, ya que si la humedad disminuye abajo del 40% se aumenta el daño a la salud, esto mientras funciona la biblioteca, ya que para los libros se debe manejar una humedad de entre 45% y 65%, para que se conserven de mejor manera. Esta humedad se puede lograr evitando que existan fluctuaciones en la temperatura, logrando así las condiciones adecuadas para los libros.

Tabla III. **Distribución promedio de la humedad relativa máxima**

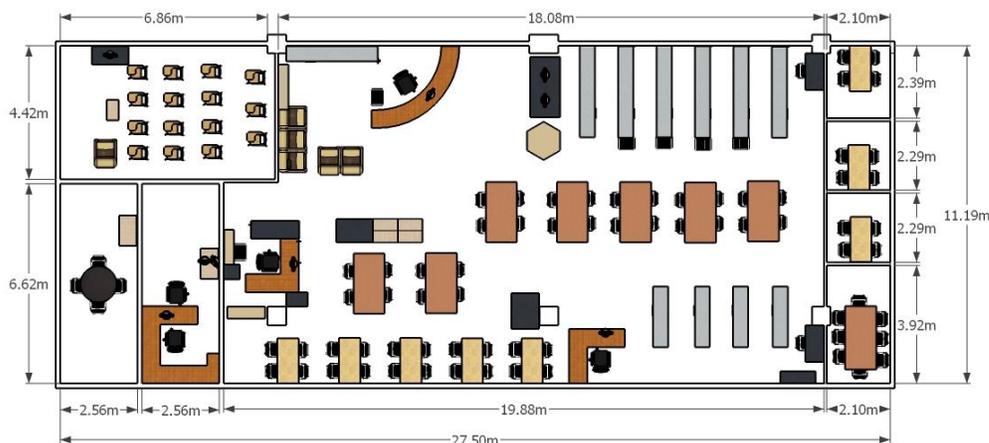
Área	Porcentaje de humedad máx. promedio
Administrativas	58
De estudios	60
De resguardo de material bibliográfico	53
Cubículos	45
De exposiciones	56

Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Distribución de mobiliario y actividad

En la figura 5 se muestra la distribución actual del mobiliario con que cuenta la biblioteca, la cual pretende que el visitante tenga a la mano los recursos necesarios para poder desempeñar la actividad que desee desarrollar dentro de las instalaciones. En cuanto a las actividades que se pueden desarrollarse encuentran la realización de tareas o investigaciones, el uso de la sala de lectura, realizar estudios grupales dentro del área de cubículos y, por supuesto, la consulta y préstamos de material bibliográfico, entre otros.

Figura 5. **Plano de distribución de mobiliario**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

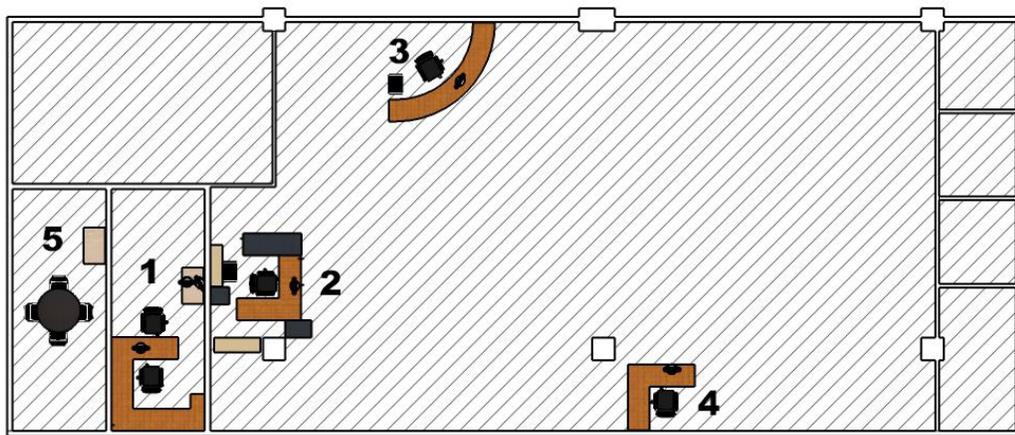
2.1.3.1. **Área administrativa**

El área administrativa se divide en cinco áreas, las cuales se encuentran distribuidas dentro de la biblioteca, como se muestra en la figura 5, siendo la primera el área donde desempeña su cargo la coordinadora de biblioteca, siendo este el mando más alto dentro de lo interno de la biblioteca, pues en ella recaen las decisiones administrativas. En la segunda se encuentra ubicada la oficinista I, la cual tiene como función asistir a la coordinadora de biblioteca y a los dos auxiliares con los que cuenta la biblioteca.

La tercera es la ubicación de la auxiliar de biblioteca II, quien desempeña la función de atender a los visitantes a su llegada a la biblioteca, es la primera persona con la que se encuentra el visitante al momento de ingresar, ella tiene la facultad de proporcionar la autorización para el uso externo de los libros. El auxiliar de biblioteca I se encuentra en la cuarta ubicación y su función es la de analizar, catalogar y clasificar las obras de reciente ingreso a la biblioteca, además de ingresarlas al sistema Glifos y asesorar a los estudiantes dando el

servicio de referencia, así como en la elaboración y redacción de las bibliografías. También puede cubrir al auxiliar de biblioteca II cuando esta se encuentre ausente por algún motivo y, por último, en la quinta área se encuentra ubicada la cocineta comedor, la cual es utilizada por toda el área administrativa para el consumo de alimentos en sus respectivos horarios.

Figura 6. **Plano de áreas administrativas**

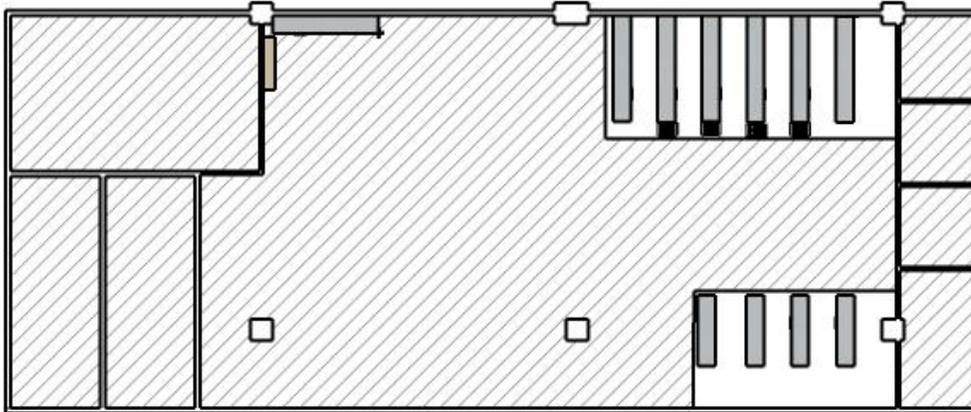


Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

2.1.3.2. **Área de resguardo de material bibliográfico**

El área para resguardo de material bibliográfico cuenta con 58,25 m² aproximadamente, los cuales están divididos en dos secciones con 6 y 4 estanterías respectivamente, en las cuales se encuentran diferentes obras que contribuyen con el estudio de la estomatología, y algunas otras obras de carácter general. Se cuenta también con un archivo de mapas de Guatemala.

Figura 7. **Plano del área de material bibliográfico**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

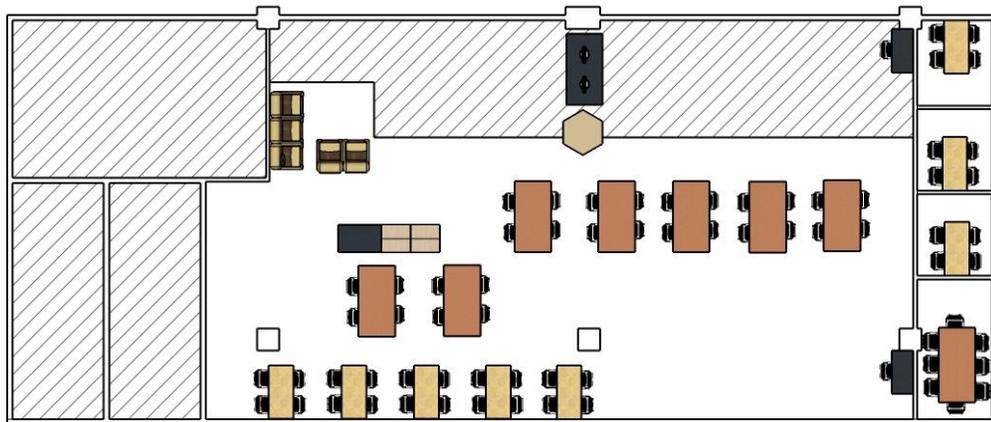
2.1.3.3. Área de estudio

El área de estudios cuenta con una capacidad para 80 personas, la cuales se distribuyen en sala de lectura, cubículos y mesas para usos varios. Para poder utilizar los cubículos se debe solicitar la autorización a la auxiliar de biblioteca II, la cual proporciona el acceso a cada uno de los cubículos en los cuales pueden permanecer hasta 4 personas, con excepción de uno que puede llegar a ser ocupado por hasta 8 personas.

En cuanto al área de mesas, el acceso está abierto a todo público y no se debe solicitar permiso alguno para utilizar las instalaciones, solo se debe tener en cuenta que se debe cumplir con las normas internas de la biblioteca. Entre las normas puede mencionarse el permanecer en el mayor silencio posible, hacer uso responsable del material bibliográfico en caso sea consultado, dejar limpia el área de trabajo al momento de retirarse y no consumir alimentos, ya que se puede dañar el material bibliográfico. Para utilizar el área de lectura no

se debe solicitar permiso alguno y dentro de ella se pueden leer obras con las que cuente la biblioteca, o bien, puede realizarse la lectura del periódico del día, que es otro de los servicios con los que cuenta la biblioteca.

Figura 8. **Plano del área de estudios**

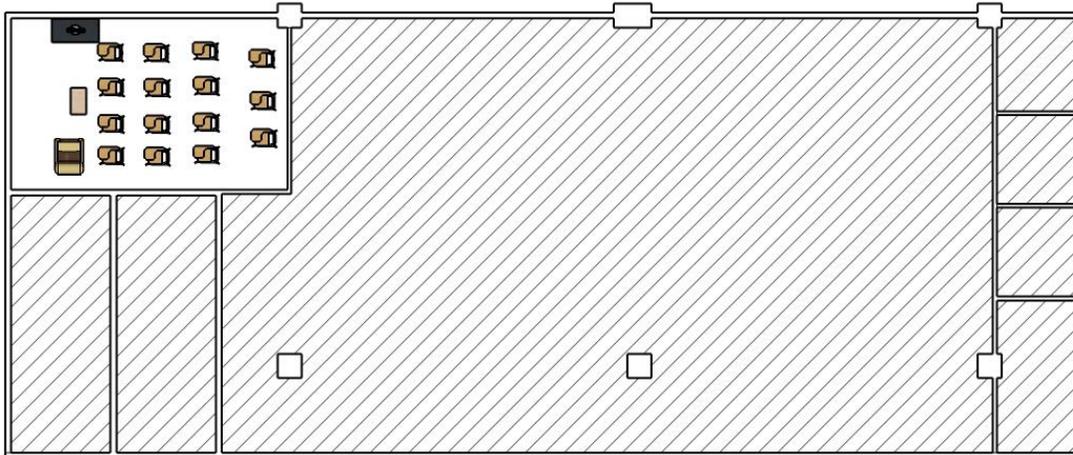


Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

2.1.3.4. **Salón de Biblioteca**

Este salón cuenta con 31,47m² y tiene una capacidad máxima para 20 personas, está preparado para que se desarrollen actividades que requieran el uso de material audiovisual como cañonera, televisión y pizarra. Además, cuenta con pupitres individuales para mayor comodidad de las personas que lo utilicen. Para su uso se debe solicitar con antelación con la coordinadora de la biblioteca.

Figura 9. **Plano del salón de biblioteca**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

2.1.4. Condiciones internas

Son todas aquellas que influyen en el aumento de la temperatura interna, estas condiciones a su vez delimitan la cantidad de carga de refrigeración o ventilación que necesita el área para tener condiciones de confort, es por ello que estas cargas se deben dividir en dos: sensible y latente. La carga sensible es todo aquel calor que puede percibirse y medirse, este calor es el necesario para llevar el aire de una temperatura a otra, lo cual no modifica el contenido de humedad del aire. Por su parte, el calor latente es un calor oculto que no se puede registrar con un termómetro, ni puede sentirse, pero que se debe tomar en cuenta, ya que este calor representa la fracción que se emplea en modificar la humedad específica y que no varía a pesar de quitar o añadir calor, pues este siempre permanece oculto.

2.1.4.1. Carga térmica sensible

Para la Biblioteca de la Facultad de Odontología los aspectos a tomar en cuenta en carga sensible serán la capacidad máxima de personas en la biblioteca, los aparatos eléctricos, las luminarias y la estructura que rodea a la biblioteca, como se muestra en la tabla IV:

Tabla IV. **Carga térmica sensible**

Descripción	Cantidad
Personas	90
Luminarias	42
Cañonera	1
Televisores	1
Computadores	8
Cafetera	1

Fuente: elaboración propia.

Dentro de la tabla IV no se colocaron las dimensiones de las paredes y ventanas, ya que estas se tomarán directamente en los cálculos, esto debido a que se analiza externamente para determinar su incidencia en la temperatura interna.

2.1.4.2. Carga térmica latente

Para esta carga se debe utilizar la capacidad máxima de la biblioteca, la cual es de 90 personas, y se debe considerar el tránsito de personas, esto debido a que una persona puede producir calor sensible y latente, este último no desaparece al momento que una persona abandona el lugar. El tránsito de personas se considera debido a que tratándose de una biblioteca de uso público, y dependiendo de la hora y la fecha calendario, así será la cantidad de personas que entren y salgan de la biblioteca.

2.1.5. Análisis de aislamiento térmico

La Biblioteca de la Facultad de Odontología cuenta con un aislamiento térmico adecuado para desarrollar un sistema de ventilación que se acople a sus necesidades, esto debido a que tiene muros de mampostería que permiten que la transmisión de temperatura externa sea mínima y a la vez impiden que la temperatura interna se escape. Estas paredes también cuentan con ventanas, las cuales, al estar cerradas, impiden que se pueda escapar la temperatura interna pero inciden en el aumento de temperatura. En cuanto al resto de las instalaciones, todas cuentan con un buen aislamiento térmico que se acopla a las necesidades del proyecto, ya que, de ser necesaria alguna modificación en esta, no conllevaría grandes cambios dentro de la biblioteca.

2.1.6. Volumen de aire a evacuar

El volumen de aire a evacuar se encuentra en $883,17 \text{ m}^3$, estos distribuidos en las áreas administrativas, cubículos, exposiciones y estudios. El volumen de aire a evacuar en su mayoría surge de las áreas de estudio y administrativas, que son las que mayor cantidad de renovaciones de aire necesitan, pero para efectos del cálculo de condiciones actuales, se debe tomar en cuenta la totalidad de la cantidad que se debería renovar, ya que este aire a evacuar se lleva consigo contaminantes y microorganismos que se encuentran en el ambiente y que al ser expuestos a una alta temperatura tienden a desarrollarse y propagarse de mejor manera, además, al evacuar un volumen constante de aire, este con alta temperatura o no, ayuda a que los sistemas de acondicionamiento de aire funcionen adecuadamente, ya que su trabajo es constante y no variable, que es lo que ocasiona que los mantenimientos se den con mayor frecuencia.

2.1.6.1. Renovación de aire

La renovación del aire en las diferentes áreas varia, ya que las personas tienen un mayor requerimiento de renovación de aire que los libros. Es por ello que es importante tener en cuenta la cantidad de renovaciones que se van a realizar por hora y que estas sean proporcionales a la cantidad de personas que vayan a estar dentro de la biblioteca. Para ello se distribuirá en:

- Espacios administrativos y uso público

En los espacios administrativos y de uso público, que son los que requieren la mayor cantidad de renovaciones, se tiene que actualmente la renovación del aire no se controla, ya que los sistemas de aire acondicionado funcionan cuando hay una temperatura alta, y no importando la hora en promedio se calcula que el aire está siendo renovado a una tasa de 2 renovaciones por hora o menos. Ese es uno de los elementos que mayor carga térmica y temperatura aportan a la biblioteca, ya que una persona respira un promedio de 17 veces por minuto, y el volumen consumido al salir se convierte en volumen térmico debido a la temperatura con la cual sale, ayudando así a que la temperatura aumente de una manera más rápida y que los contaminantes en el ambiente también se vean aumentados.

- Espacios bibliográficos

La renovación en los espacios bibliográficos se reduce, ya que estos no necesitan renovar tanto aire como las personas. La renovación dentro de estos espacios se necesita debido a que al no ocurrir un cambio de aire la temperatura aumenta, provocando que las páginas del libro se resequen. Al no tener un cambio de aire, la humedad en el ambiente se reduce y es esa

humedad del ambiente la que hace que una página se conserve de mejor manera. Es por ello que las condiciones actuales favorecen mucho a los libros en el aspecto de la renovación, ya que como anteriormente se mencionó la renovación aproximadamente es de 2 renovaciones por hora, lo que se considera adecuado para una zona que maneja material bibliográfico. También se debe considerar que se debe mantener a una temperatura constante para evitar cambios bruscos en la humedad relativa que puedan provocar condensación y dañar los libros.

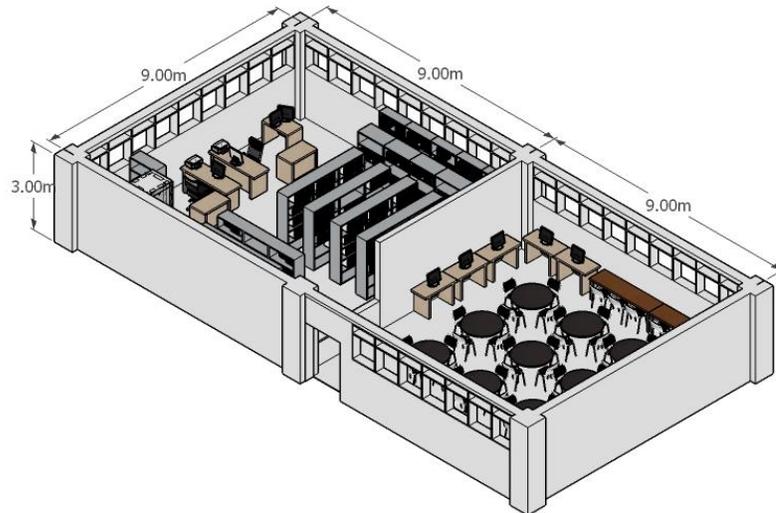
2.2. Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”

Es una de las bibliotecas del Sistema Integrado de Bibliotecas de la Universidad de San Carlos de Guatemala (SIBUSAC), que cuenta con poco espacio para atender a la población de usuarios que la frecuenta en las tres jornadas: matutina, vespertina y nocturna. Desde su traslado al Centro Universitario Metropolitano (CUM) se ha gestionado la ampliación del espacio para ofrecer un mejor ambiente, tanto para la población de usuarios como para el equipo de trabajo. Una de las carencias de esta unidad de información es la temperatura de confort interna, que le permita a los estudiantes, docentes e investigadores un ambiente adecuado para realizar sus consultas e investigaciones.

2.2.1. Ubicación

La Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés” se encuentra en el Centro Universitario Metropolitano –CUM–, edificio “A”, 1er. nivel, salón 126, zona 11, Ciudad de Guatemala.

Figura 10. **Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

2.2.2. Análisis de las instalaciones

La biblioteca cuenta con dos áreas: en la primera se ubica el área administrativa, área de resguardo de material bibliográfico o fondo bibliográfico, y el área de circulación o atención a usuarios, y en la segunda área se encuentra la sala de lectura, que tiene una capacidad para 57 personas; por pertenecer a una de las escuelas no facultativas, sus instalaciones son limitadas, es por ello que se optó por esa distribución.

Actualmente cuenta con planes de remodelación del tabique que divide las dos áreas, se sustituirá tabique de metal con madera por uno de tabla yeso, que permitirá mejorar el ambiente de la sala de lectura y brindar seguridad al fondo bibliográfico. Y en un futuro se pretende ampliar hacia uno de los lados exteriores con el fin de tener mejor distribución de las instalaciones.

2.2.2.1. Ubicación de los ambientes

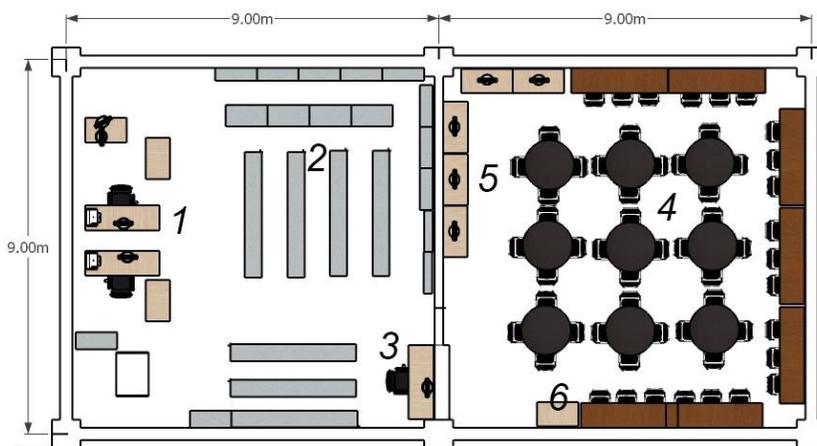
La Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés” cuenta con 162m², los cuales están distribuidos como se muestra en el plano de ubicación que se muestra en la figura 11 y se describe en la tabla IV:

Tabla V. Distribución de los ambientes

Número	Descripción
1	Coordinadora Administrativa de biblioteca y Auxiliar I
2	Área de resguardo de material bibliográfico
3	Auxiliar de biblioteca I
4	Área de consulta digital
5	Área de estudios
6	Catálogo manual

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Plano de ubicación de los ambientes



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

2.2.2.2. Techos

El techo de la biblioteca es de losa lisa de concreto reforzado con un acabado de cernido, lo cual permite un buen aislamiento del calor externo hacia lo interno de la biblioteca. Este tipo de techo también contribuye a que no haya necesidad de colocar un segundo techo para tener un mejor aislamiento térmico, por lo que el techo actual cumple con las condiciones para la instalación de un sistema de ventilación que se adecúe a los requerimientos de la biblioteca.

2.2.2.3. Paredes

Uno de los factores que se tomó en cuenta para la elaboración del proyecto son las paredes, debido a que constituye una de las partes más grandes que deben proporcionar un aislamiento térmico adecuado. Las paredes dentro de la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés” son de mampostería reforzada sin acabados, únicamente cuentan con acabados las columnas. La división que actualmente tiene la biblioteca está conformada por paneles de madera y estructura de metal, lo cual no contribuye al aislamiento, pues el área de circulación o atención a usuarios está descubierta, por lo cual el aire que circula en la sala de estudios se mezcla con el aire del área administrativa y reguardo de materiales.

Es de mencionar que tres de las seis paredes cuentan con ventanas, las cuales son de vidrios claros con estructura de aluminio, la ventana está compuesta por un vidrio fijo y varios vidrios tipo persiana, ninguna de las ventanas cuenta con cortina, debido a que se pretende aprovechar la iluminación natural, además que ninguna cuenta con película protectora de control solar. Las ventanas de la biblioteca influyen de manera baja en el

aumento de la temperatura interna, debido a que la biblioteca se encuentra en un primer nivel y se tiene la disminución de ingreso de rayos solares directos, debido a que cuenta con un voladizo, el cual provoca una sombra sobre las ventanas, sin embargo se deben analizar, ya que por ser persianas tienen filtraciones de temperatura externa, las cuales contribuyen con el aumento de temperatura interna.

2.2.3. Estado del acondicionamiento de aire

Para el acondicionamiento de aire la biblioteca utiliza dos ventiladores en la sala de lectura, uno en el área administrativa, uno en el área de procesos técnicos y uno en el área de atención al usuario. Debido a que la escuela funciona en tres jornadas y agregándole que la visitan estudiantes de medicina, la mayoría de tiempo hay afluencia de usuarios, por lo que los ventiladores funcionan de forma continua. Es por ello que se deben realizar cambios en el sistema que se utiliza actualmente, ya que las temperaturas a las que se encuentra lo interno de la biblioteca no son las que se debieran tener, y la posición actual de los ventiladores no es la correcta.

2.2.3.1. Temperatura del aire

La temperatura interna a la que se encuentra la biblioteca está entre los 27°C y los 31°C, siendo estos demasiado altos para una unidad de información, esto provocado porque el sistema de ventilación con el que se cuenta actualmente no contribuye a que estos valores disminuyan y además se tiene un aislamiento térmico que contribuye al aumento de estas temperaturas.

Tabla VI. **Distribución promedio de las temperaturas máximas**

Área	Temperatura máx. promedio ° C
Administrativas	31
De estudios	27
De resguardo de material bibliográfico	27

Fuente: elaboración propia.

2.2.3.2. Humedad relativa

La humedad interna de la biblioteca se encuentra entre 56% y 65%, siendo el valor de 65% adecuado para el área de estudios, ya que para esta área el valor no debería disminuir más allá del 40%, ya que esto causaría daños a la salud, mientras que este mismo valor se considera el límite al que pueden estar expuestos los libros. La humedad es uno de los valores que más tiende a variar, debido a que es muy susceptible a los cambios climáticos y por ello es muy difícil de controlar, para lo cual se procurará mantener valores cercanos a los adecuados, ya que una lluvia provoca que este valor aumente significativamente, causando una variación inesperada que es muy difícil de controlar.

Tabla VII. **Distribución promedio de la humedad relativa máxima**

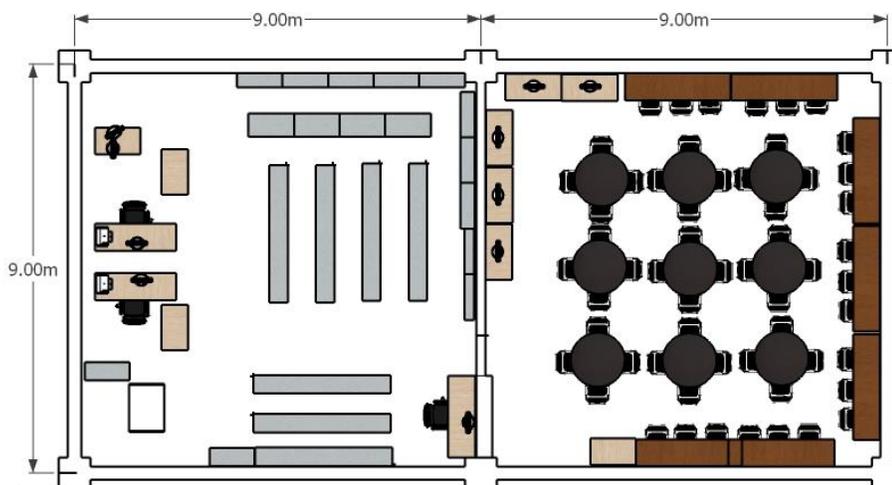
Área	Porcentaje de humedad max. promedio° C
Administrativas	65
De estudios	65
De resguardo de material bibliográfico	56

Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Distribución de mobiliario

En la figura 12 se muestra la distribución del mobiliario que se encuentra dentro de la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”, lo cual pretende que el visitante cuente con espacios para realizar tareas e investigaciones, consulta de material bibliográfico, entre otras. Esta distribución fue realizada para optimizar el área que le fue asignada a la biblioteca. Es por ello que el área administrativa y el área de resguardo de material bibliográfico comparten espacio.

Figura 12. Plano de distribución del mobiliario



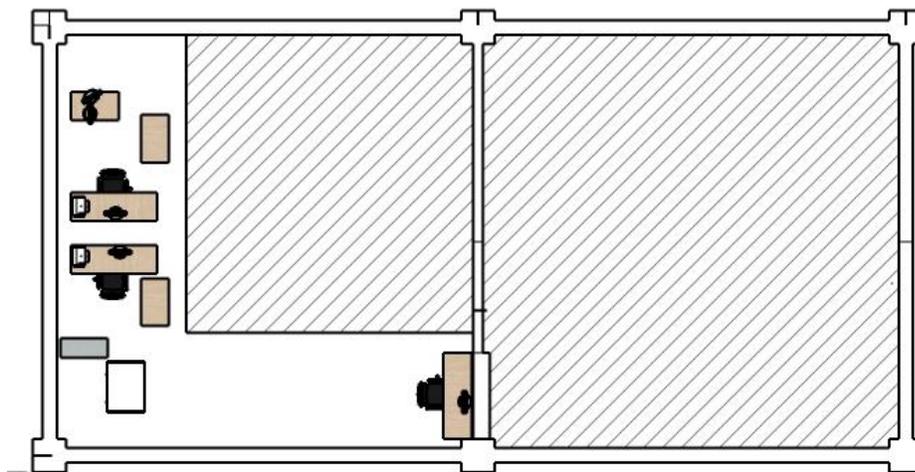
Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

2.2.4.1. Área administrativa

El área administrativa cuenta con dos oficinas y una recepción-préstamo (escritorio de circulación), ninguna cuenta con una división de por medio entre ellas y el área de resguardo de material bibliográfico, como se muestra en la figura 13.

Dentro de las dos oficinas se encuentra la oficina de la coordinadora administrativa de la biblioteca y la auxiliar I, el área de circulación desempeña las funciones de referencia, préstamos internos, préstamos externos, devolución de materiales, control de usuarios y orden de los materiales en los anaqueles. No se cuenta con una división entre área administrativa y resguardo de material, ya que al compartir ambientes se comparten también las fluctuaciones de temperatura que, al disminuir repentinamente, provoca cambios en la humedad relativa, los cuales pueden ser perjudiciales para los libros.

Figura 13. **Plano del área administrativa**



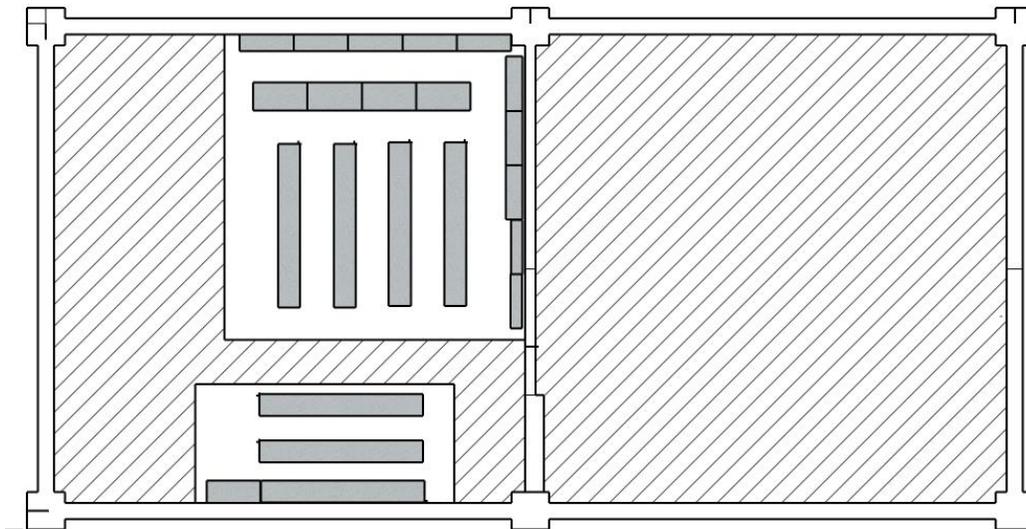
Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

2.2.4.2. Área de resguardo de material bibliográfico

El área de resguardo de material bibliográfico cuenta con 11 estanterías metálicas en las cuales se almacena material bibliográfico que contribuye al estudio de las ciencias psicológicas, entre otras obras variadas. Parte de las

estanterías está destinada para el tesario, tanto de forma digital como de forma impresa. Esta área comprende 81 m², los cuales son compartidos con el área administrativa.

Figura 14. **Plano del área de resguardo de material bibliográfico**



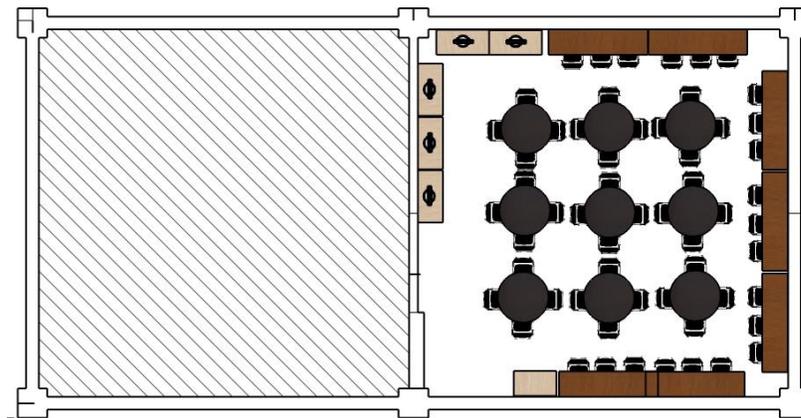
Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

2.2.4.3. Área de estudio

El área de estudios cuenta con 81 m² y una capacidad para 57 personas, los cuales se encuentran divididos en 9 mesas de 4 personas y 7 mesas de 3 personas. Para el uso de las mesas no se debe solicitar algún permiso especial, solo deben anotarse en la hoja de control de usuarios y cumplir las normas internas de la biblioteca, entre las que puede mencionarse el permanecer en silencio, no ingerir alimentos, hacer uso correcto de las instalaciones, entre otras.

Para el uso interno de material bibliográfico se debe solicitar permiso en el área de circulación, ya que el sistema es de anaquel cerrado. Debido a esto, el estudiante debe realizar la búsqueda de los materiales que necesita en los distintos catálogos que se encuentran a su disposición, luego llenar una boleta de préstamo y requerirlos en el escritorio de circulación, donde le serán proporcionados y se le asignará la fecha de devolución, en caso de ser préstamos externos.

Figura 15. **Plano del área de estudios**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

2.2.5. Cargas térmicas de climatización

Para el análisis se dividirán, al igual que para la Biblioteca de la Facultad de Odontología, en sensibles y latentes, esto con el fin de determinar los factores a tomar en cuenta para el diseño de un sistema óptimo de ventilación, el cual brinde las condiciones de confort que necesita la biblioteca.

2.2.5.1. Sensibles

Las cargas de climatización sensible para la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés” se encuentran definidas por la cantidad máxima de la biblioteca, el número de luminarias, la cantidad aparatos eléctricos y la composición de la estructura que rodea a la biblioteca. Esto se detalla en la tabla VIII:

Tabla VIII. **Carga sensible**

Descripción	Cantidad
Personas	60
Luminarias	16
Computadores	11
Cafetera	1

Fuente: elaboración propia.

Al igual que con la Biblioteca de la Facultad de Odontología, las dimensiones externas serán tomadas hasta el momento de efectuar los cálculos.

2.2.5.2. Latente

Para la carga latente de la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”, se debe considerar la capacidad máxima de estudiantes dentro de la biblioteca y la cantidad de tránsito de personas que esta debe soportar. Junto con este último factor se debe considerar que la puerta de acceso de la biblioteca permanece abierta y esto puede provocar que los valores no sean estables en comparación con que la puerta permanezca cerrada.

2.2.6. Análisis de aislamiento térmico

Para las condiciones en la que se pretende desarrollar el proyecto, la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés” cuenta con un aislamiento térmico adecuado, ya que su estructura en su mayoría es de mampostería con ventanas de aluminio y vidrio. Los factores que se deben controlar son: que las ventanas permanezcan cerradas con el fin de garantizar que la temperatura interna permanecerá constante y el cambio de sistema de la puerta, ya que por el momento la puerta no cuenta con un sistema de brazo hidráulico para un cierre automático de puerta.

2.2.7. Volumen de aire a renovar

La cantidad de volumen de aire a evacuar se encuentra en 486 m³, estos distribuidos en dos áreas, el área administrativa y de almacenamiento de material bibliográfico y el área de estudios. Este volumen es la cantidad de aire que debe ser evacuado hacia el exterior, ya que consigo se lleva parte del calor que influye en la temperatura interna y contaminantes que puedan ser propagados por medio del ambiente interno de la biblioteca.

2.2.7.1. Renovación de aire

Las renovaciones de aire varían tanto para las personas como para los libros, es por ello que en el área administrativa y de resguardo de material bibliográfico se debe considerar equilibrar el número de renovaciones para que no exista un riesgo en la salud de las personas y que las colecciones permanezcan en condiciones óptimas.

Actualmente se calcula que el aire es renovado 1 vez cada 2 horas dentro de ambas áreas, siendo esta una cantidad de renovaciones muy baja para un lugar de uso público, considerando que una persona necesita de 2 a 3 renovaciones de aire por hora. Esto en cuanto a las personas, ya que para el material bibliográfico la cantidad de renovaciones se encuentra bien, ya que para estas áreas se considera de 1 a 2 renovaciones por hora.

Se debe considerar que ambas áreas comparten aire en el área de circulación, ya que no existe una delimitación que impida que ambas áreas no mezclen sus respectivas cantidades de aire, por lo que, para efectos de cálculo, se utilizará la misma cantidad de renovaciones de aire por hora para ambas áreas, aunque en la primera únicamente laboren 3 personas y el resto del área sea ocupada por libros.

2.3. Condiciones externas

Para la correcta determinación de un sistema de ventilación que sea adecuado para cualquier lugar, se deben considerar las condiciones externas, ya que son estas las que dictan el parámetro de cuáles deben ser las temperaturas internas para brindar condiciones de confort para las personas que se encuentren en dicho lugar. Para ello se tomarán los datos de humedad relativa y temperatura exterior de la ciudad capital, obtenidos mediante el INSIVUMEH. Tanto para la humedad como para la temperatura se usarán datos históricos de al menos dos años para observar cuál es su variación.

2.3.1. Humedad

Se considera la humedad externa como factor, debido a que en ella se describe la presencia de vapor de agua en el aire en un lugar determinado, ya

sea a la intemperie o cerrado. Este vapor de agua puede provenir de distintos lugares, en el caso de las bibliotecas este depende de la que se encuentre en el ambiente, ya que internamente no existe algo que genere este vapor de agua.

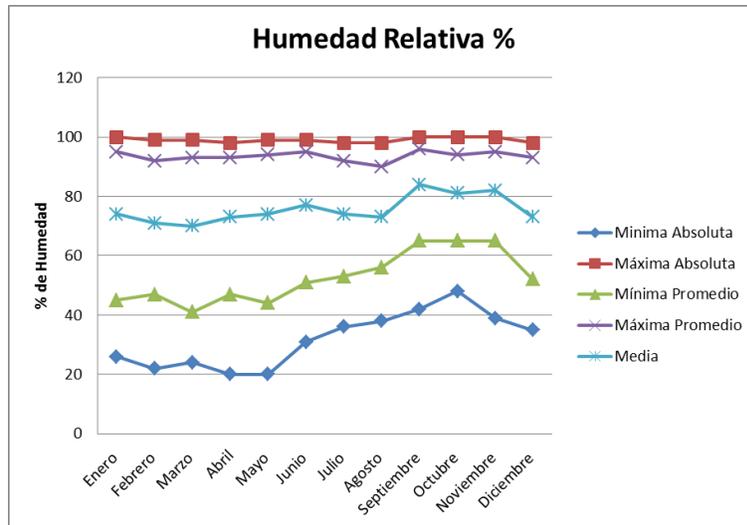
Para efectos de cálculo se utiliza la humedad relativa, la cual expresa la cantidad de humedad en una muestra de aire, en comparación con la cantidad de humedad que el aire tendría, estando totalmente saturado y a la misma temperatura de la muestra; la humedad relativa se expresa en porcentajes. Los valores proporcionados son los que se muestran en la tabla IX que a su vez están graficados en la figura 16.

Tabla IX. **Humedades del año 2015**

	Porcentaje de humedad relativa				
	Absolutas		Promedio		Media
Mes	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	
Enero	26	100	45	95	74
Febrero	22	99	47	92	71
Marzo	24	99	41	93	70
Abril	20	98	47	93	73
Mayo	20	99	44	94	74
Junio	31	99	51	95	77
Julio	36	98	53	92	74
Agosto	38	98	56	90	73
Septiembre	42	100	65	96	84
Octubre	48	100	65	94	81
Noviembre	39	100	65	95	82
Diciembre	35	98	52	93	73
Promedio	31,75	99	52,58	93,5	75,5

Fuente: elaboración propia con base en datos del Insivumeh.

Figura 16. **Gráfico de humedades del año 2015**



Fuente: elaboración propia con base en datos del Insivumeh.

2.3.2. **Temperatura**

La temperatura se define como una posición en una escala de actividad térmica, la cual es comúnmente marcada por un termómetro que puede estar graduado en $^{\circ}$ Celsius o $^{\circ}$ Fahrenheit, los cuales se determinan por su comodidad al momento de realizar cálculos o mediciones. La temperatura se define en bulbo seco y bulbo húmedo.

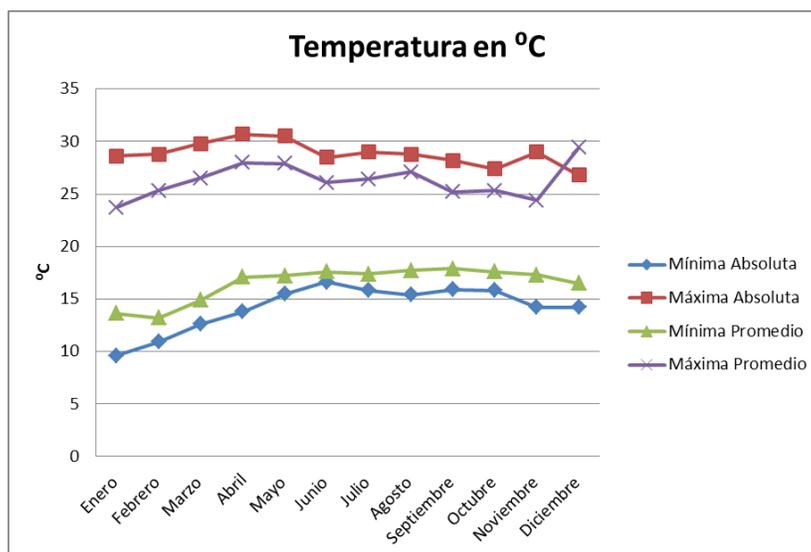
La temperatura en bulbo seco es la que define un termómetro, mientras que temperatura en bulbo húmedo, según libros de texto, se define como la que marca un termómetro en la sombra y con su bulbo envuelto en algodón húmedo, ambas mediciones bajo una corriente de aire. Los valores proporcionados son los que se encuentran en la tabla X y se grafican en la figura 17, para determinar cuál es la más alta y definir el mes que se utilizará para la realización de los cálculos respectivos.

Tabla X. **Temperaturas del año 2015**

Mes	Temperatura en ° C			
	Absolutas		Promedio	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Enero	9,6	28,6	13,60	23,70
Febrero	10,9	28,8	13,20	25,30
Marzo	12,6	29,8	14,90	26,50
Abril	13,8	30,7	17,10	28,00
Mayo	15,5	30,5	17,20	27,90
Junio	16,6	28,5	17,60	26,10
Julio	15,8	29,0	17,40	26,40
Agosto	15,4	28,8	17,70	27,10
Septiembre	15,9	28,2	17,90	25,20
Octubre	15,8	27,4	17,60	25,30
Noviembre	14,2	29,0	17,30	24,40
Diciembre	14,2	26,8	16,50	29,40
Promedio	14,19	28,84	16,5	26,28

Fuente: elaboración propia con base en datos del Insivumeh.

Figura 17. **Gráfico de temperaturas del año 2015**



Fuente: Elaboración propia con base en datos del Insivumeh.

2.3.3. Carga térmica exterior

La carga térmica exterior es producida por medio de la infiltración que tenga cada una de las superficies, esto determinado mediante el coeficiente de transmisión de cada material que sea expuesto directa o indirectamente a los rayos del sol. Esta carga térmica interior define el nivel de temperatura externa que influye en la interna. En el caso de las bibliotecas que no disponen de un sistema óptimo de ventilación, su temperatura se adapta a la del ambiente buscando un equilibrio entre el calor que se desprende en el interior de las bibliotecas y el calor externo.

2.3.3.1. Carga a través de superficies

Las superficies que se deben considerar para la carga térmica son: los techos, las paredes y todas aquellas ventanas que se encuentren expuestas a la radiación solar. Cada una de estas superficies cuenta con un factor o coeficiente de transmisión que es determinado con base en la composición de la superficie que se desea analizar. Por ejemplo, una losa de concreto liviano sin aislamiento térmico tiene un coeficiente de transmisión de 0,14, el cual está expresado en BTU por $^{\circ}$ F por pie² todo esto dividido en horas. Estos factores están dados por tablas que están descritas en la parte de los cálculos de carga térmica.

3. PROPUESTA

Tomando en cuenta los factores analizados en el capítulo anterior, se analiza, calcula y propone la solución que mejor se acople a cada unidad académica, enfocándose en la mitigación de los BTU/h que producen todos los elementos internos y externos.

3.1. Factores del diseño de ventilación de la biblioteca

Para la realización de la propuesta de mejora de la ventilación de ambas bibliotecas se deben considerar dos factores: internos y externos. Los factores internos son todos aquellos que puedan generar un aumento de temperatura en el interior, como las personas, la iluminación y los equipos eléctricos utilizados. Por su parte, el principal factor a tomar en cuenta es el clima, ya que es el que dicta la temperatura externa a la que se ven afectados tanto muros y ventanas que rodean las bibliotecas. Es por ello que para las condiciones de diseño se utilizarán los datos de humedad relativa y temperatura, correspondientes al año 2015 de la ciudad capital de Guatemala.

3.1.1. Método de ventilación apropiado para la biblioteca

El método de ventilación apropiado para cada biblioteca será determinado por medio de un estudio de acondicionamiento de aire, con el cual se pretende determinar las ganancias de calor generadas por la radiación, transmisión e infiltración a la que se vea sometida cada una de las bibliotecas.

La sumatoria de estas tres ganancias de calor determinará la cantidad de BTU's necesarios para cada biblioteca. Estos BTU's indicarán la cantidad de toneladas de refrigeración necesarias para cada una, estas toneladas fijarán las especificaciones del tipo de equipo que se debe buscar en el mercado. Para que los ocupantes puedan desempeñar sus funciones en un ambiente de confort, la norma ASHRAE 55-1981 fija los parámetros en los que se deben desarrollar, los cuales se expresan en la tabla XI:

Tabla XI. **Rangos de temperatura y humedad para espacios cerrados**

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 probls. cardiovasculares
36° C	Caliente	-----	-----	-----
33° C	Tibia	Incomfortable	-----	-----
29° C	Ligeramente tibia	-----	Regulación normal por sudoración y c. vasculares	-----
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-constriccion en manos 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: 20 de julio de 2016.

Según esta norma, se establece una temperatura interior de 25⁰ C y una humedad relativa del 50%, mientras que la norma UNE EN ISO 7730 habla sobre la ergonomía del ambiente térmico y establece que se debe tener una temperatura entre los 23⁰ C a 25⁰ C y una humedad relativa de entre 40% y 60%. Estas dos normas se tomaron como referencia, debido a que para la región centroamericana no se cuenta con normas que definan estos parámetros.

3.1.2. Cargas térmicas

Para calcular la carga térmica se deben considerar todos los factores externos e internos que contribuyen con el aumento de temperatura y que provocan que no se tengan temperaturas de confort en el interior de las bibliotecas. Para la Biblioteca de la Facultad de Odontología se deben considerar los factores descritos en la tabla XII:

Tabla XII. **Factores que contribuyen al aumento de la temperatura en la Facultad de Odontología**

Internos			
Cantidad	Descripción	Consumo(Aparatos eléctricos)(watts)	
		Unidad	Total
90	Personas		
42	Luminarias	32 x 2 tubos	2688
1	Cañonera	498	498
1	Televisor	150	150
8	Computadoras	380	3040
1	Cafetera	720	720
Externos			
		Largo (metros)	Alto (metros)
	Pared norte	27,50	2,87
28	Ventanas pared norte	0,86	1,72
1	Ventana pared norte	0,46	1,72
	Pared sur	27,50	2,87

	Puerta pared sur	2,30	2,30
--	------------------	------	------

Continuación de la tabla XII

	Pared este	11,19	2,87
	Pared oeste	11,19	2,87
12	Ventanas pared oeste	0,86	1,72
1	Ventana pared oeste	0,39	1,72
	Techo	27,50	11,59 (ancho)

Fuente: elaboración propia.

Mientras que para la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés” de la Escuela de Ciencias Psicológicas se deben considerar los descritos en la tabla XIII:

Tabla XIII. Factores que contribuyen al aumento de la temperatura en la Escuela de Ciencias Psicológicas

Internos			
Cantidad	Descripción	Consumo(Aparatos eléctricos)(watts)	
		Unidad	Total
60	Personas		
11	Computadoras	380	3040
1	Cafetera	720	720
16	Luminarias	45 x 2 tubos	1440
Externos			
		Largo (metros)	Alto (metros)
	Pared noroeste	9	3
9	Ventanas pared noroeste	0,88	1,16
	Pared sureste	9	3
	Pared noreste	18	3
18	Ventanas pared noreste	0,88	1,16
	Pared sureste	18	3
7	Ventanas pared suroeste	0,88	1,16
1	Puerta pared suroeste	1,38	2

Fuente: elaboración propia.

Con estos datos se calculará la cantidad de carga térmica que debe manejar el sistema de acondicionamiento de aire, para ello se utilizarán como base las normas ASHRAE, el manual de Carrier y los diferentes coeficientes de transmisión de cada uno de los materiales de los que se componen tanto muros como ventanas que están expuestas al exterior.

3.1.2.1. Determinación de cargas

- Biblioteca de la Facultad de Odontología

Esta biblioteca se encuentra localizada a una latitud de 14,588130 (14° 35'17.3") en dirección norte, esta ubicación permitirá determinar los diferentes componentes que contribuyen a la ganancia de calor.

Primero se deben determinar las ganancias por conducción a través de la estructura exterior compuesta por paredes, techos y vidrios exteriores, para ello se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$Q = U * A * DTCE_e$$

- Q = ganancia del recinto por conducción a través de techos, paredes o vidrio en BTU/H
U = coeficiente general de transferencia de calor en BTU / (h pie² F)
- A = área del techo, pared o vidrio
- DTCE_e = diferencia de temperatura para carga de enfriamiento en ° F

Para calcular el $DTCE_e$ se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$DTCE_e = (DTCE + LM) * K + (78 - t_r) + (t_o - 85) * f$$

- DTCE = temperaturas de las tablas XV o XVI, ° F
- LM = corrección de la latitud al color y mes de la tabla XVIII
- K = corrección debido a color de la superficie, 1,0 para superficies oscuras o zonas industriales, 0,5 techos de color claro en zonas rurales y 0,65 para paredes de color claro en zonas rurales
- t_r = Temperatura interna
- t_o = temperatura de diseño exterior
- f = Factor de corrección para ventilación, 0,75 para ventiladores de entrepiso (techo falso), en los demás casos usas 1,0

Debido a que las tablas a utilizar presentan sus datos en función de pie^2 deben convertirse las áreas utilizando el factor $1 m^2 = 10,7794 pie^2$

Tabla XIV. **Medidas y conversiones de áreas de la Biblioteca de la Facultad de Odontología**

Cantidad	Pared o ventana expuesta		Área m^2	Área pie^2
1	Pared Norte	27,50x2,87	78,93	849,60
1	Pared Oeste	11,19x2,87	32,11	345,63
28	Ventanas Norte	0,86x1,72	41,41	445,73
1	Ventana Norte	0,46x1,72	0,7912	8,51
12	Ventana Oeste	0,86x1,72	17,75	191,06
1	Ventana Oeste	0,39x1,72	0,6708	7,21
	Superficie de techo	11,19x27,50	307,72	3312,27

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Diferencia de temperatura para cargas de enfriamiento para calcular cargas de 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 XVI. DTCE para calcular cargas de paredes

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	10	11	11	12	2	10	14	4
NE	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	19	22	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	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	12	13	14	16	20	24	29	22	12	35	23
NW	14	13	11	10	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	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 XVII. Grupos de construcciones de paredes

Grupo No.	Descripción de la construcción	Peso lb/pie ²	Valor de U BTU/(hx p ² x ⁰ F)	Capacidad calorífica BTU/(p ² x ⁰ 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 de la tabla XVII.

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

Latitud	Mes		NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE		
		N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW	S	Hora
0	Dic	-3	-5	-5	-5	-2	0	3	6	9	-1
	Ene/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	-1
	Abr/Ago	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-9	-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

Continuación de la tabla XVIII

32	Dic	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17
	Ene/Nov	-5	-7	-9	-11	-8	-4	2	9	12	-15
	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	Mar/Sept	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	Abr/Ago	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	May/Jul	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	Jun	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	-4	2
40	Dic	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10	-21
	Ene/Nov	-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	-19
	Feb/Oct	-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	12	-14
	Mar/Sept	-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	-8
	Abr/Ago	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-3
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Jun	1	1	1	0	1	0	0	-1	-1	2
48	Dic	-6	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6	-25
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-13	-11	-8	-1	5	8	-24
	Feb/Oct	-5	-7	-10	-11	-8	-5	1	8	11	-18
	Mar/Sept	-4	-6	-6	-7	-4	-1	4	8	11	-11
	Abr/Ago	-3	-3	-3	-3	-1	0	4	6	7	-5
	May/Jul	0	-1	0	0	1	1	3	3	4	0
	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2

Fuente: G. PITA, Edward. *Acondicionamiento de aire*. P. 140

Los cálculos se realizarán para las 12 PM y se usará el mes de abril debido a que según los datos del INSIVUMEH es cuando se presenta la mayor temperatura externa, tanto para mes como para hora. Para el cálculo de techo se tiene que:

- El techo según la tabla XV es del tipo 6, con cielo raso suspendido el DTCE = 16⁰ F con u U= 0,109
- La corrección LM=0, para el mes de abril según la tabla XVIII utilizando la columna hora y como la ciudad de Guatemala se encuentra a 14⁰ latitud N. Se utilizará 16⁰ N
- K = 1,0
- f = 1,0
- t_o = 83⁰ F, debido a que la temperatura exterior promedio es de 28⁰ C para convertirlo se usa el factor (° F=° C*1,8+32) quedando (° F=28⁰ C*1,8+32 = 82,4⁰ F≈83)

- $t_r = 75^{\circ}$ F, ya que para actividades de oficina, colegios, bibliotecas, según *Carrier Air Conditioning Company, System Design Manual, Load Estimating*, se debe tener una temperatura interior de 75° F en bulbo seco

$$DTCE_e = (DTCE + LM) * K + (78 - t_r) + (t_o - 85) * f$$

$$DTCE_e = (16 + 0) * 1 + (78 - 75) + (83 - 85) * 1 = 17^{\circ}\text{F}$$

Tenemos que Q para techo es de:

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$Q = 0,109 * 3312,27 * 17 = 6137,63 \text{ BTU/h}$$

Para las paredes se calcularán por separado la pared norte y la pared oeste, las cuales son las que se encuentran expuestas directamente a los rayos solares, siendo los factores a utilizar los siguientes:

Pared norte:

- La pared según la tabla XVII se encuentra en el grupo D, y según la tabla XVI la $DTCE = 7^{\circ}$ F y un $U = 0,415$
- La corrección $LM = -1$, para el mes de abril según la tabla XVIII utilizando de orientación N y latitud de 16° N
- $K = 1,0$
- $t_o = 83^{\circ}$ F
- $t_r = 75^{\circ}$ F
- $A_{\text{pared}} = \text{área pared} - \text{área ventanas} = 849,60 - (445,73 + 8,51) = 395,36 \text{ pie}^2$, según la tabla XIV

$$DTCE_e = (DTCE + LM) * K + (78 - t_r) + (t_o - 85) * f$$

$$DTCE_e = (7 + (-1)) * 1 + (78 - 75) + (83 - 85) * 1 = 7^{\circ}\text{F}$$

Se tiene que Q es de:

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$Q = 0,415 * 395,36 * 7 = 1148,52 \text{ BTU/h}$$

Pared oeste:

- La pared según la tabla XVII se encuentra en el grupo D, y según la tabla XVI la DTCE= 9° F y un U=0,415
- La corrección LM=-1, para el mes de abril según la tabla XVIII utilizando de orientación oeste y latitud de 16° N
- K = 1,0
- $t_o = 83^{\circ} \text{ F}$
- $t_r = 75^{\circ} \text{ F}$
- A pared oeste = $345,63 - (191,06 + 7,21) = 147,36 \text{ pie}^2$, según la tabla XIV

$$DTCE_e = (DTCE + LM) * K + (78 - t_r) + (t_o - 85) * f$$

$$DTCE_e = (9 + (-1)) * 1 + (78 - 75) + (83 - 85) * 1 = 9^{\circ} \text{ F}$$

Se tiene que Q es de:

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$Q = 0,415 * 147,36 * 9 = 550 \text{ BTU/h}$$

En total la carga de conducción de muros es de 1698,91 BTU/h

Tabla XIX. **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 XX. **Coefficiente global U de transferencia de calor para el vidrio**
(BTU/h*pie^{2*0} 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

Para la conducción debido a ventanas al igual que las paredes se realizará por separado, y se tiene que:

Ventanas pared norte:

- Las ventanas según la tabla XIX la DTCE= 9⁰ F
- $t_o = 83^0$ F
- $t_r = 75^0$ F
- A ventanas = 445,73+8,51= 454,24pie², según la tabla XIV

$$DTCE_e = (DTCE) + (78 - t_r) + (t_o - 85)$$

$$DTCE_e = (9) + (78 - 75) + (83 - 85) = 10^0F$$

Se tiene que Q es de:

- $U=1,04$, según la tabla XX, para vidrio sencillo

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$Q = 1,04 * 454,24 * 10 = 4724,10 \text{ BTU/h}$$

Ventanas pared oeste:

- Las ventanas según la tabla XIX la $DTCE = 9^0 \text{ F}$
- $t_o = 83^0 \text{ F}$
- $t_r = 75^0 \text{ F}$
- $A \text{ ventanas} = 191,06 + 7,21 = 198,27 \text{ pie}^2$, según la tabla XIV
- $DTCE_e = 10^0 \text{ F}$, no varía para las ventanas

Tenemos que Q es de:

- $U=1,04$, según la tabla XX, para vidrio sencillo

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$Q = 1,04 * 198,27 * 10 = 2062 \text{ BTU/h}$$

En total la carga de conducción de ventanas es de 6786,10 BTU/h

Para calcular las ganancias de calor por radiación solar a través de vidrios se debe utilizar la siguiente ecuación:

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

En donde:

- Q = ganancia neta por radiación solar a través de vidrios, BTU/h
- $FGCS$ = factor de ganancia máxima de calor solar, $\text{BTU/h} * \text{pie}^2$
- A = área de vidrio, pie^2
- CS = coeficiente de sombreado
- FCE = factor de carga de enfriamiento para vidrio

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

8 ⁰										
		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 ⁰										
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
24 ⁰										
En.	27	27	41	128	190	240	253	241	227	214
Feb.	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249
Mar.	34	45	124	195	234	237	214	168	137	275
Abr.	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283
May.	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282
Jun.	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279
Jul.	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278
Agos.	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277
Sept.	35	42	119	185	222	225	206	163	134	266

Continuación de la tabla XXI.

Oct.	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244
Nov.	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213
Dic.	26	26	29	112	180	234	247	247	237	199

Fuente: G. PITA, Edward. *Acondicionamiento de aire*. P. 142.

Tabla XXII. **Coefficientes para vidrio con o sin sombreado interior**

	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					
Vidrio aislante	Doble									
	Claro afuera Claro adentro	3/32, 1/8	0,71	0,88	0,57	0,51	0,60	0,25	0,37	
	Claro afuera Claro adentro	1/4	0,61	0,81						
	Absorbente de calor afuera	1/4	0,36	0,55						
	Claro adentro				0,39	0,36	0,40	0,22	0,30	
	Vidrio recubierto reflector			0,20 0,30 0,40	0,19 0,27 0,34	0,18 0,26 0,33				

Continuación de la tabla XXII.

Triple									
Claro	1/4		0,71						
Claro	1/8		0,80						

Fuente: G. PITA, Edward. *Acondicionamiento de aire*. P. 145.

Tabla XXIII. **Factores de carga de enfriamiento para vidrio sin sombreado interior**

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.

Para los vidrios de la pared norte se tiene que:

- $FGCS = 39 \text{ BTU/h} \cdot \text{pie}^2$, según la tabla XXI para las ventanas de orientación norte y latitud de 16° N

- $A = 454,24\text{pie}^2$, según la tabla XIV
- $CS = 0,55$, según la tabla XXII debido a que cuenta con cortinas en el interior se toma el factor de persianas venecianas de color claro
- $FCE = 0,89$, según la tabla XXIII, para las 12PM y ventana viendo hacia el norte de una construcción pesada. En esta tabla L es construcción ligera, M construcción media y H construcción pesada.

$$Q = 39 * 454,24 * 0,55 * 0,89 = 8671,67 \text{ BTU/h}$$

Para las ventanas de la pared norte se tiene una carga por radiación de 8671,67 BTU/h.

Para los vidrios de la pared oeste se tiene que:

- $FGCS = 227 \text{ BTU/h*pie}^2$, según la tabla XXI para las ventanas de orientación oeste y latitud de 16° N
- $A = 198,27\text{pie}^2$, según la tabla XIV
- $CS = 0,55$, según la tabla XXII debido a que cuenta con cortinas en el interior se toma el factor de persianas venecianas de color claro
- $FCE = 0,18$, según la tabla XXIII para las 12 PM y ventana viendo hacia el oeste

$$Q = 227 * 198,27 * 0,55 * 0,18 = 4455,72 \text{ BTU/h}$$

Para las ventanas de la pared oeste se tiene una carga por radiación de 4455,72 BTU/h. El calor total debido a radiación solar para las ventanas es de $4455,72 + 8671,67 = 13127,39$ BTU/h.

Para la transferencia de calor debida a la ventilación se debe tomar en cuenta que se calcula calor sensible y calor latente, para ello se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$Q_s = 1,1 * CFM * CT$$

$$Q_L = 0,68 * CFM * (W_e - W_i)$$

En donde:

- Q_s = carga de calor sensible debido a aire de ventilación, BTU/h
- Q_L = carga de calor latente debido a aire de ventilación, BTU/h
- CFM = flujo de aire de ventilación, pie²/min
- CT = cambio de temperatura del aire interior y exterior
- W_e, W_i = relación de humedad exterior e interior, g de agua/lb

Tabla XXIV. **Requisitos de ventilación para ocupantes**

	Personas estimadas por 100pie ² de área de piso	Aire de ventilación necesario por persona	
		FCM mínimos	FCM recomendados
Oficinas			
En general	10	15	15-25
Sala de juntas	60	25	30-40
Teatros			
Vestíbulos	150	20	25-30
Auditorios	150	5	5-10
Auditorios (permitido fumar)	150	10	10-20
Institucional			
Escuelas			
Salones de clase	50	10	10-15

Continuación de la tabla XXIV.

Auditorios	150	5	5-7,5
Gimnasios	70	20	25-30
Bibliotecas	20	7	10-12
Vestidores	20	30	40-50
Hospitales			
Recamara sencilla y doble	15	10	15-20
Guarderías	20	10	15-20
Sala de cirugía		20	

Fuente: G. PITA, Edward. *Acondicionamiento de aire*. P. 160.

Para el calor sensible debido a ventilación se tiene que:

- CFM = 10, debido a que para bibliotecas la tabla XXIV indica que se usan de 10 a 12 CFM por persona, se utiliza el valor mínimo. Este valor debe ser multiplicado por la cantidad de personas que para Odontología son 90.
- $CT=83^{\circ} F-75^{\circ} F=8^{\circ} F$, según los datos del INSIVUMEH la temperatura externa es de $83^{\circ} F$ y la temperatura mínima recomendable según Carrier es de $75^{\circ} F$

$$Q_s = 1,1 * (10 * 90) * 8 = 7920,00 \text{ BTU/h}$$

Para el calor latente debido a ventilación se tiene que:

- CFM = 10, debido a que para bibliotecas la tabla XXIV indica que se usan de 10 a 12 CFM por persona, se utiliza el valor mínimo. Este valor debe ser multiplicado por la cantidad de personas que para Odontología son 90.

- W_e y $W_i = 77$ y 95 g agua/ lb , ya que para 83^0 F son 95 g agua/ lb y para 77 g agua/ lb.

$$Q_L = 0,68 * (10 * 90) * (95 - 77) = 11016,00 \text{ BTU/h}$$

El total de calor latente es de 11016 BTU/h mientras que el calor sensible es de $7920,00$, ambos por ventilación o infiltración.

Para la carga debida a personas la ecuación es:

$$Q = q * n$$

- Q = ganancia de calor sensible o latente según sea el caso
- q = ganancia sensible o latente en base a la tabla XXV
- n = número de personas

Tabla XXV. **Ganancias de calor por 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	Droguería, banco	500	250	250
Trabajo sedentario	Restaurante	550	275	275
Trabajo banco liviano	Factoría	750	275	475
Banco moderado	Pista de baile	850	305	545
Trabajo moderado pesado	Factoría	1000	375	625
Bolos, trabajo pesado	Pista de bolos, factoría	1450	580	870

Fuente: JENNINGS, Burgess. *Aire acondicionado y refrigeración*. P. 393.

Para la carga debida a personas por medio de calor sensible se tiene que según la tabla XXV, y debido a que la actividad realizada dentro de la biblioteca es similar al trabajo de oficina moderadamente liviano, se utilizarán 250 BTU/h, quedando entonces la ecuación:

$$Q = 250 * 90 = 22500 \text{ BTU/h}$$

Y para el caso de la carga latente la tabla da un factor de 200 BTU/h

$$Q = 200 * 90 = 18000 \text{ BTU/h}$$

Siendo 22500BTU/h de carga sensible y 18000 BTU/h de carga latente, ambas debido a personas.

En cuanto a la carga por aparatos eléctricos, en algunos casos los aparatos eléctricos tienen calor sensible y calor latente, los cuales se encuentran en la tabla XXVI. Fuera de ellos se tiene que la ecuación es:

$$Q = 3,4121 * P * (10/90)$$

En donde:

- P = potencia en watts del equipo
- 3,4121 = factor de conversión de watts a BTU/h
- 10/90 = relación de energía utilizada con energía desechada en forma de calor:

$$Q_{cañonera} = 498 * 3,4121 * \left(\frac{10}{90}\right) = 188,80 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{televisor} = 150 * 3,4121 * \left(\frac{10}{90}\right) = 56,86 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{computadora} = 8 * 380 * 3,4121 * \left(\frac{10}{90}\right) = 144,06 \text{ BTU/h}$$

Tabla XXVI. **Ganancias de calor debidas a aparatos eléctricos**

Tipo de aparato	Sensible	Latente	Total	100% sensible
Cafetera				
Por quemador	770	230	1000	340
Por calentador	230	70	300	90

Fuente: G. PITA, Edward. *Acondicionamiento de aire*. P. 154

Teniendo que la carga sensible por aparatos eléctricos es de 619,72 BTU/h, incluyendo el factor de la tabla XXVI para la cafetera por calentador y una latente de 70 BTU/h debidos a la cafetera.

En el caso de las luminarias, se tiene que el cálculo se debe realizar para condiciones ideales en las que la iluminación genera 3 watts/pie². En el caso de lámparas fluorescentes, entonces el calor debido a estas es de:

$$Q = 3 * 4,1 * A$$

Teniendo que:

- Q = ganancia de calor debida a las luminarias
- A = área de piso
- 4,1 = factor de conversión a BTU/h

Tenemos que según la tabla XII son 42 luminarias de doble tubo de 32 W con número de tubo T8. Quedando entonces:

$$Q = 3 * 4,1 * 3312,27 = 40740,92 \text{ BTU/h}$$

La carga debida a luminarias es de 40740,92 BTU/h, debido a que siempre se debe contar con un margen de seguridad, el cual para el acondicionamiento de aire se de sumar el 20% de la carga total a la carga total.

Tabla XXVII. **Resumen de ganancias de calor de la Biblioteca de la Facultad de Odontología**

Tipo de ganancia	Cantidad de ganancia
Conducción (techo)	6137,63
Conducción (muros)	1698,91
Conducción (ventanas))	6786,10
Radiación	13127,39
Infiltración Ventanas (sensible)	7920,00
Infiltración Ventanas (latente)	11016,00
Personas(sensible)	22500,00
Personas (latente)	18000,00
Equipo eléctrico (sensible)	619,72
Equipo eléctrico (latente)	70,00
Iluminación	40740,92
Total	128 616,67
FS (20%)	25723,33
Carga total optima	154340,00

Fuente: elaboración propia.

Debido a que una tonelada de refrigeración tiene 12000,00 BTU/h, para la Biblioteca de la Facultad de Odontología son necesarias 12,86 toneladas de refrigeración tomando los datos de la carga total óptima.

- Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”

El cálculo de cargas se realizará por medio de una tabla resumen, la cual tomará como base la tabla XVIII con los datos de la biblioteca y se utilizarán los factores de las tablas XV a la XXVI. Además, utilizando las mismas ecuaciones utilizadas en el cálculo de la Biblioteca de la Facultad de Odontología descritos

anteriormente. Los datos de la ubicación son de $14,6118^{\circ}$ ($14^{\circ} 36'42,8''$) latitud Norte la cual se aproximará a 16° N. Debido a que la tabla XIII presenta los datos en m^2 y las tablas a utilizar presentan sus datos en función de pie^2 , deben convertirse las áreas utilizando el factor $1 m^2 = 10,7794 pie^2$

Tabla XXVIII. Medidas y conversiones de áreas de la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”

Cantidad	Pared o ventana expuesta		Áream²	Área p²
1	Pared noroeste	9*3	27	291,04
1	Pared noreste	18*3	54	582,09
9	Ventanas noroeste	0,88*1,16	9,19	99,06
18	Ventana noreste	0,88*1,16	18,37	198,01
	Superficie de techo(No expuesto)	18*9	162	1746,26

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. Cálculos para la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”

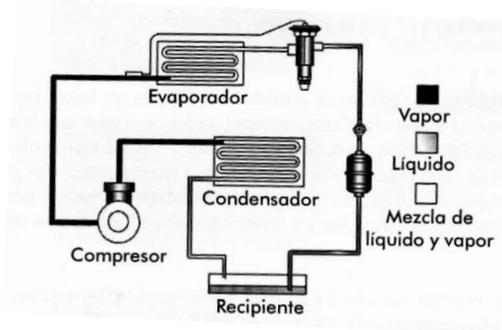
Ganancia	Orientación	U	Área en pie ²	DTCE _e	FGCS	FCE	CS	BTU/h
Conducción								
Techo								
Pared	Noroeste	0,415	291,04	8				966,25
Pared	Noreste	0,415	582,09	20				4831,34
Ventanas	Noroeste	1,04	99,06	10				1030,22
Ventanas	Noreste	1,04	198,01	10				2059,30
Radiación								
Ventanas	Noroeste		99,06		172	0,39	1	6644,94
Ventanas	Noreste		198,01		172	0,48	1	16347,70
Infiltración								
Sensible								
	# Personas	CFM	Factor	CT	W			
	60	10	1,1	8				5280,00
Latente								
	60	10	0,68		18			7344,00
Personas								
Sensible								
	# Personas	Q						
	60	250						15000,00
Latente								
	60	200						12000,00
Equipo								
Sensible								
Equipo	Cantidad	W	Factor 1		Rel.			
Computadora	11	380	3,4121		10/90			1584,73
Cafetera	1							230,00
Latente								
Cafetera	1							70
Iluminación								
Tipo	Cantidad		Factor	W	# tubos			
Fluorescente	16		4,1	45	2			5904,00
Total de BTU/h								79292,48
Factor de seguridad 20% del total								15858,50
Carga optima								95150,98
Cantidad de toneladas de refrigeración								7,93

Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Tipo de sistema

Los sistemas a utilizar dentro de ambas bibliotecas son de tecnología de aprovechamiento de energía, ya que por el uso que se les da, son los que mejor se adaptan a la necesidad que tiene cada una de las bibliotecas analizadas. Es por ello que se utilizarán sistemas de tecnología *inverter*, con unidades de distribución piso techo. La funcionalidad y componentes de estos son los mismos que los de un equipo convencional, con la diferencia que el trabajo realizado por el compresor en estas unidades es más eficiente. Para ello la figura 18 muestra los componentes principales de un sistema de climatización o refrigeración.

Figura 18. Componentes de un sistema de refrigeración



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Illustrator.

Debido a que los sistemas *inverter* son sistemas de uso continuo, eliminan el *on-off* de las unidades. Esta tecnología permite que el compresor de la unidad trabaje dependiendo de la cantidad de carga de refrigeración que se necesite. Debido a que el compresor es considerado el corazón de un sistema de refrigeración, su función es la de bajar la presión y temperatura del refrigerante en el evaporador, para que absorba el calor conforme evapora, el cual es extraído del medio a enfriar. Además eleva la presión y temperatura del

condensador, para que descargue el calor al medio condensante, ambos procesos son normalmente por aire o agua.

Unidad interior o evaporador es el componente donde el refrigerante líquido hierve, absorbiendo calor a medida que se evapora, con lo que se logra el efecto de refrigeración. En la unidad condensadora el calor absorbido por el refrigerante es cedido al medio de condensación que puede ser por aire o agua, esto permite que el refrigerante salga del condensador en forma de líquido subenfriado. Al condensador y compresor se le conoce como unidad exterior.

3.1.3.1. Descripción del sistema

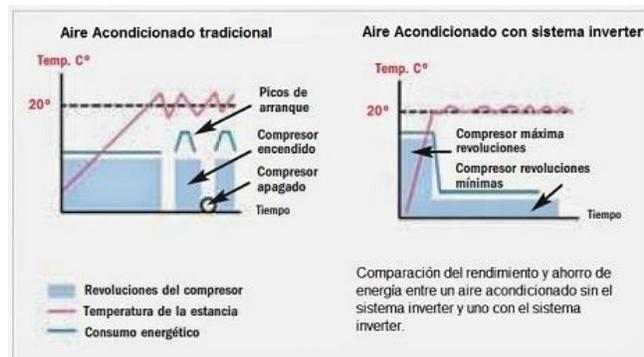
Los sistemas *inverter* le deben su nombre a la tecnología que utiliza su compresor, el cual puede modular la generación térmica y adaptarla a la demanda de refrigeración. En estos sistemas cada unidad interior debe tener una unidad exterior. La tecnología *inverter* no es más que un dispositivo electrónico capaz de regular el voltaje, la corriente y la frecuencia de alimentación de un aparato eléctrico. En los aires acondicionados este dispositivo lo que hace es modificar la corriente eléctrica que alimenta el compresor y con ello lograr que el compresor pueda girar a distintas velocidades en función de la necesidad de carga térmica de cada momento. Al comparar un sistema que integra *inverter* con un convencional se debe analizar el sistema de arranque. Un sistema convencional arranca funcionando siempre al 100 % hasta alcanzar la temperatura deseada, mientras que un *inverter* puede aumentar en el arranque hasta un 130% de su capacidad, alcanzando la temperatura mucho antes que un sistema tradicional, teniendo así un ahorro energético. Una vez alcanzada la temperatura de confort, un sistema convencional se regula mediante paradas y arranques (*on-off*), provocando que el compresor de un sistema convencional genere picos de consumo, debido a

que arranca el motor desde cero teniendo un consumo inicial alto, algo que no ocurre cuando se utiliza un sistema *invertir*, ya que el compresor en este sistema no llega a pararse totalmente, permitiendo regular la velocidad del mismo cuando se haya alcanzado la temperatura de confort y no se necesite de toda la potencia.

Dentro de la tecnología *inverter* existen los sistemas VRF o VRV, los cuales son sistemas de acondicionamiento de aire con una unidad central del tipo *multisplit*, aunque no debe ser confundido un VRF con un sistema *multisplit*, su funcionalidad es similar aunque es mucho más complejo en cuanto al manejo del caudal variable de refrigerante. En este sistema una unidad exterior puede ser asociada a varias unidades interiores, provocando un ahorro de espacio. El funcionamiento de un VRF o VRV es similar a una unidad exterior de un aire acondicionado convencional, solo que integra una parte compleja que es manejada por componentes electrónicos. La ventaja que presenta este sistema es que cada unidad interior puede trabajar a diferente temperatura o incluso tener una encendida y otra apagada, pues la unidad exterior se modula con base en la demanda. Una unidad VRF tiene cuando menos uno de sus compresores *inverter*. Ambos sistemas funcionan con refrigerante e integran componentes electrónicos para controlar su flujo.

El ahorro energético en estos equipos se da principalmente en la eliminación de la bomba que es necesaria en los sistemas aire-agua y porque la potencia de alimentación del compresor del dispositivo *inverter* permite que el mismo pueda trabajar un 30 % por encima de su potencia nominal en los primeros instantes, con el fin de llegar antes a la temperatura de confort.

Figura 19. **Sistema convencional vrs *Inverter***



Fuente: *Sistema convencional vrs Inverter*.

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn253.html>. Consulta: 23 de julio de 2016.

3.1.3.2. **Capacidad técnica del equipo**

Para determinar la capacidad del equipo a utilizar, las áreas se deben dividir en dos: las de mayor tránsito y las de menor tránsito de personas, esto con el fin de optimizar la utilización del equipo, ya que debido al sistema que se plantea utilizar los equipos deben permanecer encendidos la mayor parte del tiempo. La capacidad de cada equipo viene definida por los cálculos realizados para cada unidad bibliotecaria.

En el caso de la Biblioteca de la Facultad de Odontología, se tienen calculadas 12,86 toneladas de refrigeración, por lo que se sugiere la utilización de dos equipos con capacidad de enfriamiento de 60000 BTU/h, es decir 10 toneladas de refrigeración para el área de mayor tránsito y en el área de menor tránsito un equipo con capacidad de 18000 BTU/h, equivalentes a 1,5 toneladas de refrigeración.

Debido a que hay un déficit de 1,3 toneladas de refrigeración entre lo calculado y lo utilizado, este se mitigará por medio de ventilación natural y el uso de los extractores con los que actualmente se cuenta en los cubículos. La

función de estos es la de absorber carga refrigerada de la biblioteca y llevarla a los cubículos con la finalidad de climatizarlos.

Estos equipos son propuestos en el caso que se tome la opción de cambio a equipos que puedan funcionar durante toda la jornada, ya que con los que actualmente se cuenta se cubre la demanda de refrigeración, por lo que lo único que se debe realizar es un plan de funcionamiento en el cual los equipos de la sala principal debieran funcionar juntos y no alternos como se hace en estos momentos.

Para la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés” se tienen calculadas 7,93 toneladas de refrigeración, para lo cual se sugiere la utilización de dos equipos con capacidad de 48000 BTU/h, es decir 8 toneladas de refrigeración. Para esta unidad de información no se realizó la distribución con base en área de mayor afluencia y área de menor afluencia, debido a que son áreas similares y, al tener una parte donde comparten aire, las toneladas se mezclan llegando a un punto de equilibrio entre ambas.

3.2. Diseño de la distribución del sistema

Para la distribución se debe tomar en cuenta la posición actual del mobiliario, con la finalidad de crear un flujo de refrigeración que sea adecuado para que todas las áreas tengan la misma cantidad de refrigeración. Para la Biblioteca de la Facultad de Odontología se propone eliminar una unidad del salón principal, debido a que utilizando un sistema *invertir* se tendría una cantidad de 15 toneladas de refrigeración permanentes, con lo que se tendría un excedente de 3 toneladas y se continuaría manteniendo la unidad del salón de la biblioteca. La eliminación de esta unidad permitirá que se tengan ahorros de mantenimiento y de consumo energético, mientras que las tres unidades

restantes deben ser sustituidas por unidades de alta eficiencia, como se muestra en la figura 20. El uso de VRF o *inverter* quedará a discreción del SIBUSAC, ya que cualquiera de los dos sistemas puede funcionar dentro de la biblioteca.

En el caso de la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés” se deben instalar las unidades de alta eficiencia, debido a que las áreas son similares en medición. Su ubicación debe ser realizada en cualquiera de las paredes, colocando la unidad centrada en la pared, ya que todas miden 9 m de largo. Se sugiere la ubicación en la figura 21. En este caso se recomienda el uso de unidades *inverter* descartando completamente el uso de VRF, debido a lo separado que estarán una unidad de la otra y que por ser únicamente dos unidades no sería conveniente invertir en un VRF.

3.3. Especificaciones de la distribución del equipo

Dentro de la distribución se tomaron en cuenta aspectos que puedan de manera directa o indirecta obstruir el flujo de aire adecuado, además de tomar en consideración las instalaciones y dificultades que existan al momento de instalar el equipo nuevo.

Dentro de la Biblioteca de la Facultad de Odontología existen dos equipos que se encuentra ubicados sobre las estanterías de los libros. Esta ubicación se debe a que por la forma de las instalaciones no es posible ubicarlos en otro lugar, debido a la ubicación del cableado y las tuberías de refrigeración y drenaje. Un equipo de aire acondicionado evita que haya fluctuaciones de temperatura y humedad, ya que si en el ambiente el contenido de agua se mantiene fijo, una disminución repentina de temperatura provocará un rápido aumento en la humedad relativa con la cual se produce condensación, y con

ella el desarrollo de problemas por exceso de humedad. Por ello para los libros es recomendable una temperatura entre 15⁰ C y 21⁰ C con una humedad relativa de entre 45 % y 65 %.

3.3.1. Ubicación del equipo

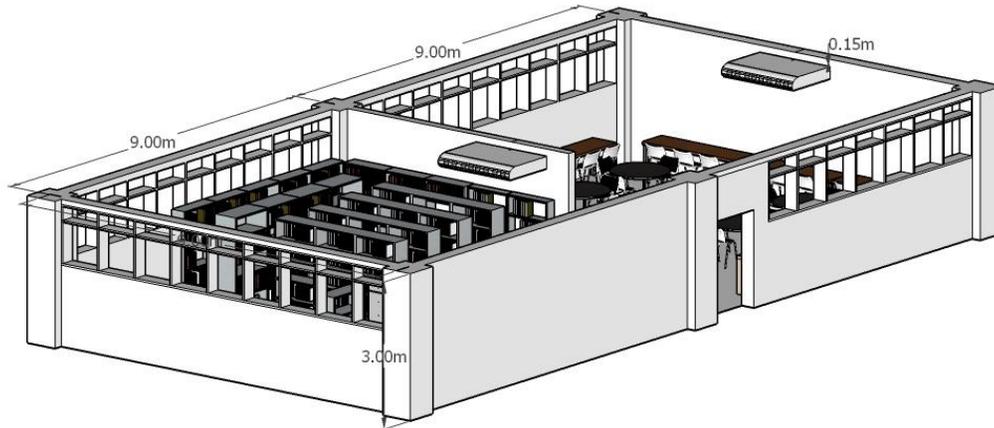
Debido a que el equipo es tipo piso techo, este debe ser instalado a una altura no mayor de 3 metros y fijada a una distancia no mayor de 0,15 metros del techo, estos medidos desde la base del evaporador. En las figuras 20, 21, 22 y 23 se muestra la ubicación sugerida.

Figura 20. **Ubicación del equipo de aire acondicionado de la Biblioteca de la Facultad de Odontología**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

Figura 21. **Ubicación del equipo de aire acondicionado de la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”**

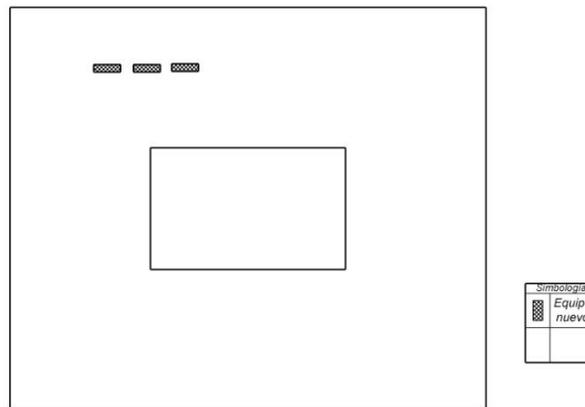


Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

3.3.2. Plano de distribución

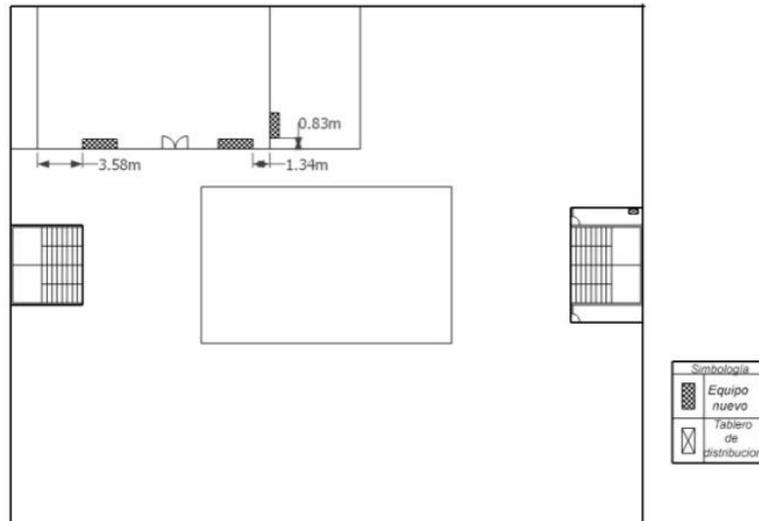
Para la distribución de ambas bibliotecas se muestran los planos de planta, tanto del techo donde estarán las condensadoras como la ubicación de las evaporadoras.

Figura 22. **Ubicación de las unidades evaporadoras de la Biblioteca de la Facultad de Odontología**



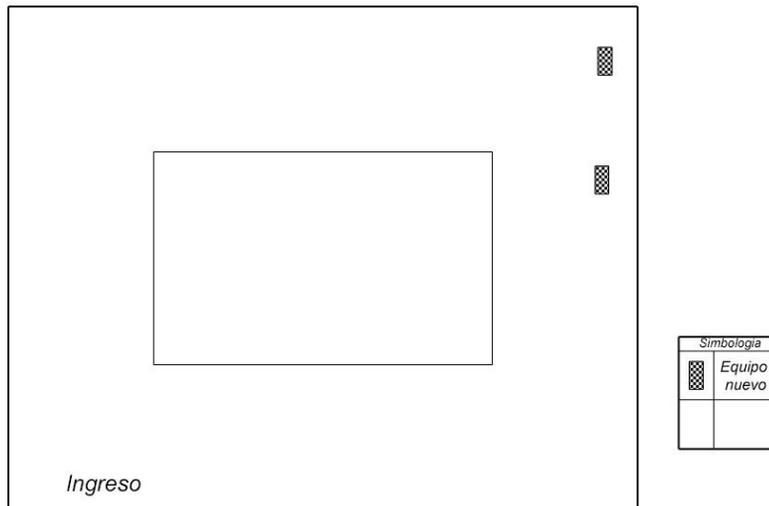
Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

Figura 23. **Ubicación de las unidades manejadoras de la Biblioteca de la Facultad de Odontología**



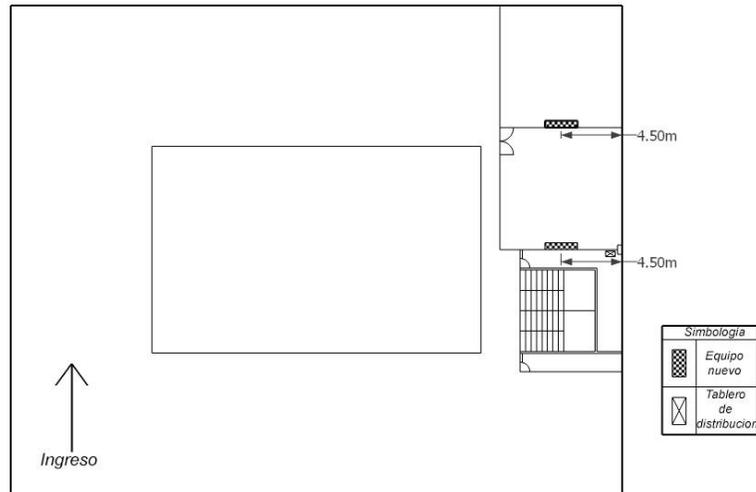
Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

Figura 24. **Distribución de las condensadoras de la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

Figura 25. **Distribución de las unidades manejadoras de la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

3.4. **Diseño de aislamiento térmico**

Para ambas bibliotecas el aislamiento térmico es el adecuado, por lo que no se debe invertir en aislamiento térmico, salvo en la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”, en la cual se sugiere la instalación de una puerta de vidrio con sistema vaivén o con un cierre hidráulico, con el fin de eliminar escapes de aire acondicionado al exterior.

3.5. **Modificaciones asociadas a la instalación**

Para la Biblioteca de la Facultad de Odontología las modificaciones son mínimas, ya que los equipos nuevos utilizarán la posición de los equipos antiguos, por lo que las tuberías y conexiones eléctricas nuevas deberán ser colocadas en el lugar del que se retiren las antiguas, en el caso que se decida sustituir el equipo por uno de alta eficiencia.

En la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”, debido al tipo de sistema a instalar, las modificaciones van únicamente orientadas a la colocación de los ductos de refrigerante, tubería de drenaje y conexiones eléctricas, debido a que los equipos estéticamente no requieren de uso de tabla yeso o cielo falso para ocultar parte que no se desea que sea visible.

Tanto los ductos como las conexiones eléctricas deben ser cubiertas con canaleta plástica o metálica, con el fin de no dejar expuestos estos componentes, o bien utilizar una cubierta de *armaflex* y fijarlos a la pared con abrazaderas y cinchos plásticos. En el caso que se deba de perforar paredes o techo para la fijación de los equipos o algún componente, estos agujeros deben ser completamente resanados.

4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Una vez definido el equipo, se desarrollarán los términos legales, costos, actividades y mano de obra que se requieran antes, durante y después de la instalación de los equipos, así como el análisis financiero de los mismos.

4.1. Instalación del sistema de ventilación

Para la instalación y montaje de un sistema de aire acondicionado el técnico en refrigeración y aire acondicionado deberá realizar las distintas actividades. Previo a ello se debe determinar qué tipo de equipo instalará, ya que existen de baja capacidad que no exceden las 5 toneladas y de alta o mediana capacidad que tienen una capacidad mayor a 7,5 toneladas. Cuando se instala un equipo se deben tomar en cuenta normas o reglamentos que tengan injerencia directa sobre la instalación, en este caso el Acuerdo Gubernativo 229-2014 de Salud y Seguridad Ocupacional. También se deben seguir las recomendaciones brindadas por el fabricante para una correcta instalación y manipulación de los equipos. La instalación del sistema de ventilación debe incluir la colocación adecuada de los siguientes equipos:

- Evaporador o manejadora
- Condensadora
- Conductos o ductos tanto de refrigerante como de drenaje
- Compresor hermético
- Termostato
- Acometida eléctrica (según la capacidad del equipo)

Las herramientas dependen de la calidad de la persona que realice la instalación, aunque las más utilizadas en las instalaciones son:

- Multímetro
- Alicates de electricista
- Destornillador
- Llaves tipo Allen
- Barreno

4.2. Mano de obra necesaria para la implementación

Para la implementación es necesario contar con un técnico especializado en aire acondicionado en refrigeración, además de un equipo de personas que colaboren en las distintas actividades, ya que por el peso de los equipos la manipulación no puede ser realizada por una sola persona. La cantidad de mano de obra a utilizar dependerá de la empresa ejecutora del proyecto.

4.3. Actividades de instalación

La instalación debe ser realizada por un técnico especializado en aire acondicionado y las actividades que llevará a cabo son:

- Ubicación y colocación del evaporador.
- Colocación de ductos tanto de drenaje como de refrigerante y conexiones eléctricas.
- Ubicación y colocación del condensador.
- Calibración del evaporador y condensador.
- Limpieza y retiro de desechos.

4.4. Supervisión de actividades de instalación

La supervisión de las actividades de instalación tiene la finalidad de comprobar el correcto funcionamiento del equipo y la mayoría de estas están orientadas a conceptos técnicos, dentro de los cuales se incluye:

- Medición de presión tanto de carga como de succión por medio de manómetros.
- Calibrar el termostato.
- Verificar la carga de refrigerante.
- Verificar que las tuberías y uniones no tengan fuga y además tengan el recubrimiento aislante adecuado.
- Colocar en marcha ambos equipos y verificar las revoluciones de trabajo del equipo. tanto a máxima como a baja capacidad.
- Hacer funcionar el equipo durante 30 minutos.

Una vez realizadas estas actividades se debe corroborar la temperatura interna y la temperatura de salida en la rejilla del aire acondicionado. Una vez realizada la medición, se compara el valor con los requerimientos, esto con la finalidad de determinar si el equipo funciona correctamente, ya que si el valor medido es mayor a los valores requeridos, el equipo no está funcionando correctamente, por lo que se debe determinar el por qué y proceder a realizar la calibración necesaria o el cambio del equipo.

4.5. Guatecompras

Toda dependencia del gobierno o cualquier institución privada que maneje fondos del gobierno debe hacerlo apegado a la Constitución de la República de Guatemala y la Ley de Contrataciones del Estado y su Reglamento, las normas

para el uso de Sistema de Información de Contrataciones y Adquisiciones del Estado -GUATECOMPRAS–y la Legislación Universitaria. Es importante hacer una estimación del costo del proyecto, ya que según el monto a comprar, así será el evento a desarrollarse. La compra puede darse por medio de compra directa, cotización o licitación.

En la compra del equipo de aire acondicionado, tanto para la Biblioteca de la Facultad de Odontología como para la Escuela de Ciencias Psicológicas, no incurren en un gasto mayora Q. 90 000,00 quetzales, por lo tanto la compra se puede realizar por compra directa, para cada una, y si se desea realizar la compra conjunta, la cual excederá el monto mencionado, esta se debe realizar por medio de una licitación. La unidad encargada de estas compras es Servicios Generales de la Universidad de San Carlos.

4.5.1. Elaboración de bases y especificaciones técnicas

La elaboración de los términos de referencia debe realizarse según la Ley de Contrataciones del Estado y su Reglamento, el cual especifica que se debe hacer mención de las necesidades a cumplir y los términos de compra, según lo cual los oferentes deben cumplir con los parámetros establecidos.

- Compra de equipo de aire acondicionado de la Facultad de Odontología

Según las necesidades de climatización encontradas en dicha unidad, se procede a realizar la solicitud de compra e instalación de 2 equipos de refrigeración de 5 toneladas cada uno, y un equipo de refrigeración de 1,5 toneladas en la Biblioteca de la Facultad de Odontología.

- Generalidades

- El contratista se compromete a proporcionar todos los gastos requeridos a obra gris, material eléctrico, plomería, fletes, mano de obra y todo aquello que sea necesario para el montaje del equipo.
- Si en caso se dañan elementos adyacentes al área de trabajo, el contratista debe reparar los mismos sin ocasionar costo adicional.
- Él deberá presentar un cronograma de actividades y cumplir con la fecha establecida de entregas.
- El contratista está en la obligación de retirar de las instalaciones todos los desechos y basura que haya producido.
- El contratista deberá presentar la constancia de visita escrita del oferente, en la que manifieste que conoce el lugar en donde se realizarán los trabajos, así como las características y dificultades que presenta la instalación.
- Dicha visita podrá efectuarse de lunes a viernes, en horario de 7:30 a 15:30 horas, para revisar planos y especificaciones técnicas, ya que cualquier detalle omitido en las especificaciones debe ser corregido. La ubicación es: Biblioteca de la Facultad de Odontología, edificio M-4, tercer nivel, Campus Central, Ciudad Universitaria, zona 12. Deberá ser acompañado por la administradora de la biblioteca, la cual deberá sellar y firmar la constancia de la visita.

- La administración de la biblioteca redactará un acta administrativa en donde se hará constar todos los parámetros de negociación, tiempo de entrega y condiciones de la contratación, y además se realizará un acta el día de la entrega del proyecto.
 - La supervisión quedará a cargo de la División de Servicios Generales de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Presentación de la oferta

La oferta deberá ser presentada de manera electrónica y debe ser por los equipos solicitados. El oferente debe presentar una carta en la que debe incluir su nombre (el propietario en caso de que sea persona individual o representante legal en caso de ser persona jurídica), adjuntar documento de identificación y estipular el tiempo de entrega (no mayor a lo estipulado en los presentes términos de referencia) y el valor de su oferta.

- Especificaciones técnicas
 - Es necesario indicar que los equipos deben cumplir con las siguientes especificaciones:

Tabla XXX. **Especificaciones técnicas del equipo**

Cantidad	Descripción
2	Unidad evaporadora tipo <i>mini split</i> piso techo con capacidad de 60 000 BTU/h, de marca reconocida a nivel internacional y con repuestos en el país, diseño compacto y moderno, de tecnología <i>inverter</i> , SEER 13 ó 16, refrigerante ecológico, montada en el salón de lectura que opere con control remoto. La unidad condensadora debe ser montada en la azotea del 3er nivel del edificio mencionado. Instalación de bases metálicas tanto para las evaporadoras como.

Continuación de la tabla XXX.

	<p>para las condensadoras. Interconexiones de la unidad evaporadora y la condensadora con tubería de cobre y accesorios forrados con aislante <i>armaflex</i>, cinta para ducto y una capa de pintura epoxi blanca. Con recubrimiento <i>gold</i> fin anticorrosivo en la superficie del intercambiador de calor. Trabajos de alimentación eléctrica desde la toma con cable adecuado y <i>Flip-on</i> independiente. Sistema de drenaje con tubería PVC cubierta de <i>armaflex</i> e instalación de caja de registro para drenaje. En caso de abertura de agujeros estos deben ser resanados. Se debe utilizar canaleta metálica para cubrir tubería y cableado interno. Ambas unidades deben funcionar con niveles bajos de ruido con un máximo de 50 dB</p>
1	<p>Unidad evaporadora tipo <i>mini split</i> piso techo con capacidad de 18 000 BTU/h, de marca reconocida a nivel internacional y con repuestos en el país, diseño compacto y moderno, de tecnología <i>inverter</i>, SEER 13 ó 16, refrigerante ecológico, montada en el salón de la biblioteca que opere con control remoto. La unidad condensadora debe ser montada en la azotea del 3er nivel del edificio mencionado. Instalación de bases metálicas tanto para las evaporadoras como para las condensadoras. Interconexiones de la unidad evaporadora y la condensadora con tubería de cobre y accesorios forrados con aislante <i>armaflex</i>, cinta para ducto y una capa de pintura epoxi blanca. Con recubrimiento <i>gold</i> fin anticorrosivo en la superficie del intercambiador de calor. Trabajos de alimentación eléctrica desde la toma con cable adecuado y <i>Flip-on</i> independiente. Sistema de drenaje con tubería PVC cubierta de <i>armaflex</i> e instalación de caja de registro para drenaje o direccionar los mismos a la bajada de aguas grises o de lluvia más próximos. En caso de abertura de agujeros estos deben ser resanados. Se debe utilizar canaleta metálica para cubrir tubería y cableado interno. Ambas unidades deben funcionar con niveles bajos de ruido con un máximo de 50 dB.</p>

Fuente: elaboración propia.

Las características presentadas anteriormente son las mínimas solicitadas, el oferente deberá indicar claramente en la oferta las características de los equipos que ofrece y los equipos deben quedar debidamente instalados en los lugares previamente seleccionados. Además, los equipos deben contar con repuestos en el país.

- Garantías

El contratista deberá entregar las siguientes garantías:

- De distribuidor: debe presentarse de manera escrita y firmada por el representante legal, en la cual exprese su compromiso para la reparación del equipo de aire acondicionado adjudicado por cualquier desperfecto que no sea imputable al usuario y que no permita el funcionamiento adecuado, esto por un período mínimo de 1 año a partir de la fecha de acta de recepción, corriendo con gastos de traslado en caso de ser necesario.
- De fábrica: debe presentarse de manera escrita y expresar el compromiso de corregir o reemplazar el equipo de aire acondicionado adjudicado por cualquier desperfecto que no permita el funcionamiento adecuado, esto por un período mínimo de 1 año a partir de la fecha de acta de recepción, corriendo con gastos de traslado en caso de ser necesario.

- Tiempo de entrega

Se tendrá como máximo un plazo de treinta días hábiles, los que comenzarán a contar a partir de la fecha de adjudicación, la cual se hará constar por medio del acta elaborada en la negociación.

- Lugar de entrega

Los equipos deben ser entregados, instalados y comprobados en su correcto funcionamiento en las instalaciones de la Biblioteca de la Facultad de Odontología, ubicada en el tercer nivel del edificio M-4, Ciudad Universitaria, zona 12. Los mismos deberán ser instalados según la distribución mostrada en los anexos (estos anexos se refieren a las figuras 20, 22 y 23, las cuales deben ser adjuntadas al momento de realizar la licitación) de los presentes términos de referencia.

- Financiamiento

Esta sección deberá ser llenada por el SIBUSAC, debido a que se debe conocer con exactitud la procedencia de los fondos para la ejecución.

- Ofertas mínimas necesarias

Para proceder a analizar las ofertas, deberá existir un mínimo de 3 oferentes. De no cumplir lo anterior el proceso se declarará desierto.

- Adjudicación

La adjudicación se realizará en un plazo de diez días hábiles a la empresa que proporcione o presente el mejor precio y que cumpla con todos los términos de referencia. Los anteriores términos aplican para la propuesta de la Biblioteca de la Facultad de Odontología con tecnología *inverter*. Los términos de referencia de la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés” se presentan en el apéndice 6. Los términos presentados están basados en los requerimientos mínimos de la División de Servicios Generales de la Universidad de San Carlos.

4.6. Análisis financiero

El análisis financiero tiene la finalidad de determinar cuál es la mejor opción a implementar, tomando en cuenta todas las erogaciones en las que se deba incurrir, realizando un análisis en un plazo de 10 años, ya que por tratarse de un proyecto de beneficio público la inversión no es recuperable, por lo que el análisis a realizar va enfocado a la opción que menos gasto presente a lo largo del tiempo.

4.6.1. Costo del equipo

Basándose en los equipos requeridos se consultaron precios en el mercado. Se cotizaron tanto de sistema convencional como de sistema *inverter*, y debido a que lo que se busca es la eficiencia energética, lo más viable es utilizar sistema *inverter* en ambas bibliotecas. Debido a que la decisión de qué equipo se instalará le corresponde a SIBUSAC, se cotizaron ambos tipos de equipo. En la tabla XXXI se presentan los costos de los equipos que se pueden utilizar y que garantizan las temperaturas de confort:

Tabla XXXI. Costos de equipo

Tipo	Descripción	Costo
Convencional	Equipo piso techo de 60000 BTU/h marca Comfortstar (SEER 10)	Q16,300.00
	Equipo piso techo de 18000 BTU/h marca Everwell (SEER 10)	Q7,500.00
Inverter	Equipo piso techo <i>inverter</i> de 54000 BTU/h marca LG (SEER 16)	\$ 3,425.69
	Equipo piso techo <i>inverter</i> de 48000 BTU/h marca LG (SEER 16)	\$ 3,127.13
	Equipo piso techo de 18000 BTU/h marca LG (SEER 10)	\$ 1,595.18

Fuente: elaboración propia.

4.6.2. Costos asociados a la instalación del equipo

Estos dependerán del tipo de equipo que se desee instalar y por lo regular se incluyen dentro del costo del equipo según las empresas cotizadas. En el caso de Grupo Euroaire S.A. se establece un costo de \$600,00 de mano de obra y \$1000,00 de materiales por equipo, siendo estos de tecnología *inverter* con un SEER 16. Por su lado, Soluciones en Frío S.A. incluye costos de mano de obra y materiales dentro del costo del equipo, estos son de equipo convencional con SEER 10. Ambos costos se pueden revisar en la sección de apéndices1 y 3 donde se adjuntan las cotizaciones realizadas.

4.6.3. Proyección de costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento deben ser proyectados de manera anual, por lo que el costo de los mantenimientos preventivos es de Q. 1500,00, siendo tres en el año, realizando uno cada 3 ó 4 meses después de la instalación, teniendo un costo de entre Q. 350,00 y Q. 500,00, debiendo realizar un mantenimiento correctivo al año, el cual oscila entre Q. 500,00 y Q. 2 000,00, dependiendo si se debe hacer cambio de alguna pieza o calibrar algún parámetro.

4.6.4. Valor presente neto

Es un método que evalúa los flujos de efectivo en función del tiempo. Se calcula restando la inversión inicial del proyecto del rendimiento de los flujos de efectivo tanto entrante como saliente. Debido a que el proyecto no genera ningún flujo entrante, la evaluación de valor presente neto solo determinará cuál de las dos opciones genera menor gasto en el tiempo.

Para la comparación de ambos equipos se utilizarán los equipos de la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés” para poder apreciar mejor el rendimiento de la inversión. En el caso de la Biblioteca de la Facultad de Odontología, sí se realiza el cambio de equipos, y los comparativos del rendimiento de la inversión se encuentran en el área del apéndice 5, los cuales fueron proporcionados por Euroaire S.A. Para la comparación de los equipos se debe manejar la misma moneda, por lo que para el costo del equipo proporcionado por Euroaire S.A. se utilizó el tipo de cambio del día 6 de septiembre de 2016, el cual fue de 7,54224 quetzales por cada dólar, este dato según el Banco de Guatemala. También se obtuvo la tasa de inflación de 4,62%, la cual se utilizó como tasa de interés. La fecha utilizada corresponde al día en que fue proporcionada la cotización.

Tabla XXXII. **Costos comparativos**

Equipo Convencional			
Costos	Unidades	Costo unitario	Total
Equipo	2	Q. 16,300.00	Q. 32,600.00
Mantenimiento anual (sugerido)	2	Q. 2,050.00	Q. 4,100.00
Costo eléctrico anual (7973 KW/h)	2	Q 0.73 KW/h	Q 11,640.58
Equipo <i>invertir</i>			
Costos	Unidades	Costo unitario	Total
Equipo	2	Q 23,585.56	Q. 47,171.13
Mantenimiento anual (sugerido)	2	Q. 2,050.00	Q. 4,100.00
Costo eléctrico anual (5848 KW/h)	2	Q 0.73 KW/h	Q 8,538.08

Fuente: elaboración propia.

La figura 26 muestra la representación gráfica del flujo de efectivo de ambas inversiones, el cual servirá para calcular el valor presente neto. Se utilizará un valor de rescate de 5 % sobre el costo de los equipos.

Figura 26. Flujo de efectivo



Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo del VPN la fórmula es:

$$VPN = -Inversión Inicial - Costos \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] + Valor de rescate \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

Para el equipo convencional:

$$VPN = -32,600 - 15,740.58 \left[\frac{(1 + 0.0462)^{10} - 1}{0.0462(1 + 0.0462)^{10}} \right] + 1,630.00 \left[\frac{1}{(1 + 0.0462)^{10}} \right] = -155,381.52$$

Para el equipo *invertir*:

$$\begin{aligned} VPN &= -47,171.13 - 12,638.08 \left[\frac{(1 + 0.0462)^{10} - 1}{0.0462(1 + 0.0462)^{10}} \right] + 2358.56 \left[\frac{1}{(1 + 0.0462)^{10}} \right] \\ &= -145,083.87 \end{aligned}$$

Debido a que ambos valores son negativos, se debe considerar la opción que tenga el valor negativo menor, siendo esta la opción de equipos *invertir*, ya que su valor es de -145083,87 a lo largo de 10 años. Se debe considerar que estos equipos tienen una garantía de 3 años en partes y 5 años en la unidad de compresor directamente del fabricante. También debe tomarse en cuenta que los equipos *invertir* por lo general no presentan fallas que requieran un mantenimiento correctivo. En la evaluación fue asumido de igual manera para ambos, puesto que lo que se deseaba comparar era el rendimiento del equipo.

4.6.5. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno –TIR–, es la forma generalizada de expresar rentabilidad o ganancia, ya que a mayor TIR mayor rentabilidad. Este indicador es utilizado como criterio de aceptación o rechazo de un proyecto. Debido a que el proyecto de sistemas de aire acondicionado en las unidades bibliotecarias analizadas no produce ganancia alguna, se puede concluir que no importando la opción que se decida, la TIR tendrá un valor de cero, puesto que el dinero invertido no se recuperará.

4.6.6. Beneficio/costo

La relación beneficio–costo resulta de la combinación del valor presente neto y el costo presente de los gastos, sin embargo, debido a que el VPN del inciso 4.6.4 no refleja ganancia alguna, este valor no aporta ningún parámetro de comparación para el análisis de los sistemas de ventilación, pues al calcularlo refleja una relación de cero, debido a que los sistemas que se instalarán no presentarán ganancia o beneficio alguno en el flujo de efectivo.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

Desarrolla el plan de funcionamiento del sistema de ventilación, así como la programación de mantenimientos preventivos y correctivos que el equipo requerirá durante su vida útil. Además, plantea una solución de mejora energética por medio de paneles solares.

5.1. Plan de funcionamiento del sistema de ventilación

El plan de funcionamiento pretende que la unidad de aire acondicionado funcione dentro de los parámetros adecuados. Para el caso de los sistemas propuestos, el funcionamiento de las unidades debe iniciar al momento que la temperatura dentro del recinto no sea la adecuada y continuar durante toda la jornada laboral, ya que por el tipo de sistema no es necesario apagarlo al momento de llegar a la temperatura de confort, debido a que al momento de alcanzar la temperatura, el compresor disminuye de trabajo y solo se encarga de mantener la temperatura, por lo que el ahorro energético se ve evidenciado y es eliminado el *on-off* de las unidades.

También se debe tomar en cuenta que al momento de utilizar estos sistemas es recomendable un solo arranque, por lo que si la temperatura exterior es de 30⁰ C se recomienda que el equipo sea programado para llegar a la temperatura de confort de 24⁰ C, ya que uno de los errores más comunes es que si la temperatura exterior es de 30⁰ C los aires son programados para que lleguen a 18⁰ C. En un sistema convencional no se observa la diferencia, ya que al momento del arranque este ya está funcionando a máxima capacidad y continuará por el tiempo que se requiera. Pero en los equipos *inverter* o VRF no

ocurre lo mismo, ya que al contar con un solo arranque este llega a la temperatura de confort y la mantiene, haciendo que el trabajo del compresor sea disminuido.

En el caso de la Biblioteca de la Facultad de Odontología, si los equipos no fueran cambiados se sugiere que funcionen de manera simultánea, por lo menos 2 de los que se encuentran en la sala de estudios, para que la temperatura de confort sea alcanzada en menor tiempo, debiendo funcionar por lo menos cada 2 horas por un lapso de entre 30-45 minutos, que es lo que en promedio le lleva a los equipos refrigerar toda el área, siendo los momentos de encendido 10:00 A.M., 12:00 P.M. y 14:00 P.M. En el caso de que la temperatura de confort no sea alcanzada en esos intervalos de tiempo sugerido, estos se deberán prolongar hasta que la temperatura sea alcanzada y en el caso contrario se deben disminuir.

5.1.1. Programación de mantenimiento

El mantenimiento busca garantizar que el servicio que realiza el equipo de aire acondicionado sea de buena calidad y que funcione bajo los parámetros adecuados. Para ello los mantenimientos que se le deben proveer deben ser divididos en dos: preventivos y correctivos. Los mantenimientos preventivos deben ser programados para cada 2 ó 3 meses después de su instalación, mientras que un mantenimiento correctivo se debe realizar por lo menos una vez al año, y el costo de este depende de la pieza que se vaya a cambiar en algunos casos o del parámetro que se deba corregir, pero ambos también dependen del lugar donde se encuentren instalados.

5.1.1.1. Preventivos y correctivos

El mantenimiento preventivo es sin duda alguna el mantenimiento más importante en los aires acondicionados, ya que las actividades que lo componen tienen la finalidad de que el equipo continúe funcionando dentro de los parámetros normales y se minimicen las posibilidades de falla que puedan ocasionar una reparación más costosa. Debe cumplir con las siguientes especificaciones técnicas:

- Limpieza del condensador con jabón líquido desincrustante o químicos para este fin.
- Chequeo de lubricación de motores ventiladores.
- Chequeo de la presión del refrigerante de la línea líquida y en la línea de succión.
- Chequeo del control de temperatura.
- Limpieza de componentes eléctricos.
- Limpieza de platinos de contactores.
- Medición del amperaje en compresos y motores de ventiladores.
- Chequeo y corrección de vibraciones del equipo en caso que tenga.
- Revisión de válvulas de refrigerante (líquido y succión).
- Revisión de tubería y aislantes.
- Inspección y limpieza de los filtros de aire.
- Inspección y limpieza de bandejas de condensado.
- Inspección y limpieza de drenajes.
- Inspección y limpieza de difusores y rejillas de retorno de aire.
- Limpieza de serpentín evaporador con jabón líquido desincrustante o químicos especiales.

Mientras se realiza un mantenimiento preventivo, el técnico puede diagnosticar fallas que requieran un mantenimiento correctivo, para las cuales es necesario tener un alto grado de conocimiento, experiencia y habilidad en equipos de aire acondicionado, es por ello que un mantenimiento correctivo solo puede ser realizado por un técnico especializado. Este mantenimiento se divide en dos tipos de problemas: mecánicos y eléctricos. En ambos casos se debe seguir un procedimiento adecuado. Las principales fallas que se dan son las siguientes:

- Fugas
- Cambio de piezas electrónicas y eléctricas
- Sustitución del compresor
- Cambio del motor del ventilador

El costo de un mantenimiento correctivo se encuentra entre Q. 500,00 y Q. 2000,00, el cual varía dependiendo del tipo de repuesto y la dificultad para la realización. En esta parte se debe analizar el acceso a la unidad y la cantidad de herramientas que se debe utilizar, teniendo en cuenta el reglamento de salud y seguridad ocupacional del acuerdo gubernativo 229-2014 para que las actividades sean desarrolladas dentro del mismo.

5.1.1.2. Diseño de ficha de mantenimiento

La ficha de mantenimiento debe tomar en cuenta todos aquellos aspectos que ayuden a comprender de mejor manera en dónde se da la falla del equipo para con ello buscar una solución eficiente entre el usuario y la persona que lo realiza.

Tabla XXXIII. Ficha de mantenimiento

Orden de mantenimiento						
Empresa ejecutora				Fecha		
Dirección				Marca del Equipo		
Teléfono				Tipo de Mantenimiento		
Estado del equipo						
Estado de la unidad	Bueno	Regular	Malo	Observaciones	Parámetro	Descripción y observaciones
Evaporador					Refrigerante	
Condensador					Presión de carga	
Compresor					Presión de succión	
Dispositivo de control					Temperatura interna	
Filtro de aire					Temperatura del condensador	
Conexiones eléctricas					Temperatura del evaporador	
Descripción de trabajos realizados						
Recomendaciones						
Nombre y firma del ejecutor						Firma de recibido Unidad Bibliotecaria

Fuente: elaboración propia.

5.2. Mejora energética

Tiene la finalidad de concientizar al usuario sobre el consumo consciente de la energía en sus actividades cotidianas, ya que la energía eléctrica está presente en todas las actividades cotidianas que se realizan tanto en casa

como en escuelas, el comercio y la industria. Una mejora energética debe ser dividida en dos partes para poder realizarla:

- La utilización de equipos eficientes. Estos son desarrollados con tecnología que permite utilizar de mejor manera la energía, lo cual garantiza el alto rendimiento de la misma.
- Hábitos y prácticas de cada persona. Esta parte está directamente relacionada con la cultura de las personas y el uso que hacen estas de la energía, así como la forma en que adecúan su pensamiento a las necesidades del mundo en materia ecológica.

Dentro de una mejora energética también se debe considerar el cambio de la fuente de donde se obtiene la energía, ya que la mayoría de energía producida hoy en día en Guatemala proviene de la quema de carbón y petróleo y, aunque la energía proveniente de fuentes renovables como hidroeléctricas es considerada una fuente limpia, existen ciertos aspectos que son discutibles, ya que existe una degradación del medio ambiente durante la construcción de la cortina y la presa de la misma, que normalmente afecta las plantaciones nativas provocando la muerte de muchos árboles que contribuyen a la eliminación del CO₂ de la atmósfera.

La mejora energética dentro de las instalaciones de la biblioteca va en dos aspectos: el primero es el cambio de aparatos tanto de climatización antiguos como los que se utilicen de manera frecuente a tecnologías de aprovechamiento de energía. Esto en el caso de que existan aparatos que puedan ser sustituidos y, en el caso de que no existan, se debe priorizar la forma de uso de los mismos como primera medida a implementar. El segundo es el cambio de la fuente de energía, con el fin de volver autosustentable tanto la climatización del ambiente como algunos otros campos, con esto se colabora

con la política ambiental que actualmente es impulsada por la Universidad de San Carlos de Guatemala. Dentro de esta mejora también se debe considerar el cambio de las luminarias fluorescentes a led, debido a que en las bibliotecas trabajadas predomina el uso de estas lámparas, ya que la tecnología led se caracteriza porque dura mucho y consume poco (aunque su costo es más elevado) y los beneficios son amplios. En el caso de la Biblioteca de Facultad de Odontología y la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés” los tubos de 32 y 45 *watts* que son utilizados actualmente pueden ser sustituidos por tubos led de 15 o 18*watts*, provocando un ahorro energético de más del 50 %.

5.2.1. Utilización de energía renovable para alimentación del equipo

La utilización de energía renovable para los sistemas de climatización puede provenir de dos sistemas: eólicos o fotovoltaicos. Los eólicos se utilizan debido a que, dependiendo de la cantidad de energía que se desee generar, así es la cantidad de equipos que se debe instalar, y debido a que estos requieren de un mayor espacio para su instalación se descartan para el uso en bibliotecas, mientras que el uso de energía fotovoltaica es mucho más adaptable, debido a que la mayoría de techos de los edificios en donde se encuentran las bibliotecas pueden ser aprovechados por paneles de generación de energía proveniente del sol. Se plantea esta medida con el fin de mitigar el consumo actual, ya que existen unidades académicas en las que los tableros de alimentación eléctrica están a su máxima capacidad.

5.2.1.1. Paneles fotovoltaicos

Un módulo o panel fotovoltaico es el conformado por un conjunto de células fotovoltaicas interconectadas entre sí con el objeto de obtener voltajes

de operación adecuados a la aplicación, en este caso los sistemas de climatización. Estas células realizan la captación de energía procedente del sol para luego poder transformarla en energía eléctrica de una forma directa o indirecta. Estos paneles fotovoltaicos pueden ser montados en cualquier tipo de estructura que sea estable, rígida, durable y que soporte la carga del panel, como es el caso de los techos de los edificios de las diferentes unidades académicas que cuentan con bibliotecas. Las ventajas que ofrecen estos paneles son:

- La energía es limpia y renovable, sin costo.
- Reduce la dependencia energética.
- Su instalación es a base de módulos, los cuales dependen de la potencia requerida.
- Es tecnología de rápido desarrollo y tiende a reducir costos.
- La mayoría de sistemas están diseñados para operar de forma aislada y en aplicaciones remotas, por lo que se evitan los altos costos de instalación y mantenimiento.
- Son simples de instalar y silenciosos.

Para el caso de ambas bibliotecas, puede ser una de las opciones más viables para hacer el proyecto autosustentable. Aunque sus costos de inversión inicial son elevados, esto puede verse compensado con sus beneficios. Los paneles más comerciales en Guatemala son los policristalinos, los cuales tienen una garantía de 10 años y operan en módulos de 60 células policristalinas 156mmx156mm, los cuales van desde una producción de 25 *watts* hasta 300 *watts*, todo depende de la cantidad de factura mensual que se desee ahorrar.

En el caso de los sistemas de climatización, el consumo dependerá del tipo de equipo que se instale, por lo que sería necesario contar con la decisión del SIBUSAC para estimar la cantidad de paneles a utilizar, debiendo considerar la cantidad de área a utilizar debido a que cada módulo mide 1,64m x 0,992m x 0,40m, teniendo un costo de Q. 2009,70 cada panel si se utiliza una capacidad de 300 *watts*, esto más costos de instalación.

CONCLUSIONES

1. La propuesta de mejora para las bibliotecas analizadas se centró en el ahorro energético para la Biblioteca de la Facultad de Odontología. En esta se debe eliminar una unidad, ya que se excede la cantidad de toneladas requeridas, mientras que para la Biblioteca de Ciencias Psicológicas se deben colocar equipos nuevos de aire acondicionado, uno por cada área, con capacidad de 4 toneladas cada uno.
2. Las diferentes variables que generan el incremento de la temperatura en las bibliotecas son: conducción por techos, muros y ventanas, radiación, infiltración, personas, equipo eléctrico e iluminación. A partir de estas se calculó la carga térmica de aportación de cada una, siendo en total para la Biblioteca de la Facultad de Odontología de 154340 BTU/h y para la Biblioteca de la Escuela de Ciencias Psicológicas de 95150 BTU/h, siendo en ambos casos las personas la variable que mayor aporte hace.
3. Un sistema de aire acondicionado no solo tiene la función de disminuir la temperatura en el ambiente, sino que también contribuye con la filtración del aire, eliminando partículas y contaminantes que pudieran estar suspendidos en el ambiente.
4. Para lograr un ambiente térmicamente estable para la preservación del material bibliográfico, se debe tener en cuenta que el contenido de humedad en las áreas analizadas debe estar en el rango de 40% a 65%, para una adecuada conservación del acervo bibliográfico.

5. Con base en la carga térmica de refrigeración, los equipos a utilizar en ambas bibliotecas son de tecnología *inverter* y SEER 16. Según el estudio de campo realizado este es el equipo más apropiado para las condiciones del lugar.
6. Los equipos fueron distribuidos tomando en cuenta el tamaño de cada área de la biblioteca y estéticamente ubicados para continuar contribuyendo con su modernización.
7. Debido a que la mayoría de empresas en el mercado que realizan mantenimiento utilizan su propia metodología, es importante contar con una guía de requerimientos mínimos de los mantenimientos preventivos y correctivos del equipo, los cuales deben ser revisados por un técnico especializado con la finalidad de asegurar el rendimiento y eficiencia del mismo, evitando fallas que pudieran presentarse, tanto mecánicas como eléctricas o electrónicas.
8. Las bases y especificaciones técnicas para la adquisición del equipo fueron elaboradas a partir de los requerimientos solicitados en la evaluación técnica de la División de Servicios Generales de la Universidad de San Carlos, y con base también en la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado, Decreto 57-92 del Congreso de la República.

RECOMENDACIONES

1. En el caso de que la Biblioteca de la Facultad de Odontología realice el cambio al equipo de alta eficiencia propuesto, la administración debe utilizar el plan de funcionamiento descrito en la sección 5.1, mientras que para la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés” se deben considerar como primera opción los equipos de tecnología *inverter* y su implementación en el corto plazo.
2. Debido a que las variables que generan el incremento de la temperatura en las bibliotecas no pueden ser controladas, principalmente la tasa de ocupación de los estudiantes, se debe optar, por parte de SIBUSAC, por la utilización de equipos que eliminan el *on-off* y puedan permanecer encendidos desde el inicio de la jornada hasta el final de la misma, los cuales pueden regularse por sí mismos evitando un mal funcionamiento que no produzca las condiciones deseadas y provoque una falla en el equipo.
3. El sistema de aire acondicionado debe ser convenientemente seleccionado y adecuado para la aplicación que se le dará. Por ello se analizaron los diferentes equipos del mercado y se concluyó que para ambas unidades académicas se debe hacer uso de sistemas *split*, por ser los que mejor se adaptan, ya que los demás equipos presentan la complicación de que algunos deben llevar ductos de lámina, los cuales deben ser cubiertos con tabla yeso y la separación mínima entre cielo falso y losa debe ser como mínimo 70 cm y, en este caso, en ninguna

de las áreas trabajadas es posible eso, ya que el cielo falso quedaría muy bajo.

4. Debido a que las temperaturas no pueden tener cambios bruscos, ya que afectan la humedad, se debe procurar que, no importando el equipo, la persona encargada del mismo no debe encenderlo hasta que la temperatura sea demasiado alta, ya que entre más alta la temperatura mayor será el tiempo que el equipo deberá estar funcionando al 100 % de su capacidad, con lo que no se le daría un uso correcto.
5. Considerando la carga térmica, los costos de inversión y el mantenimiento de los equipos, los equipos más recomendados son los de tecnología *inverter* con un SEER 16.
6. La distribución mostrada de los equipos toma en consideración la forma de las instalaciones y la ubicación de la toma de corriente actual, además de la posición en donde debieran ir las nuevas instalaciones eléctricas, ductos de refrigeración y drenaje, por lo que la unidad ejecutora debe tomarlo en cuenta.
7. Los mantenimientos preventivos deben ser realizados trimestralmente para garantizar el 100 % de la eficiencia del equipo, con lo que se reducen las fallas mecánicas, eléctricas o electrónicas del equipo. Si se implementa tecnología *inverter* se tiene la posibilidad de que los equipos tengan la facilidad de mostrar la falla en el control del aire que tiene el usuario, y los mantenimientos correctivos se reducen gracias a esto, por lo que se debe considerar por la unidad que ejecutará el proyecto a la hora de realizar la compra de los mismos.

8. Las bases sugeridas para la unidad que ejecutará la compra, previo a la colocación en el sistema de Guatecompras, se deben llevar a la División de Servicios Generales para su revisión y aprobación.

BIBLIOGRAFÍA

1. ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. *El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos*. México: Limusa, 2011. 368 páginas.
2. Escuela de Ciencias Psicológicas. *Misión, visión, biblioteca y otros*. [en línea]. <<http://www.psicologia.usac.edu.gt/content/misi%C3%B3n-y-visi%C3%B3n>> [Consulta: 15 de julio de 2016].
3. Facultad de Odontología. *Misión, visión, planeación estratégica, servicios, biblioteca*. [en línea]. <http://sitios.usac.edu.gt/wp_odontologia/?page_id=24> [Consulta: 10 de junio de 2016].
4. HERNÁNDEZ CALLEJA, ANA. *Bienestar térmico: criterios de diseño de ambientes confortables*. [en línea]. <<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/752a783/nTP-779.pdf>> [Consulta: 13 de junio de 2016]
5. HILL JENNINGS, Burgess. *Aire acondicionado y refrigeración*. México: Continental, 1970. 800 páginas.

6. INGEMECÁNICA. *Tecnología Inverter en sistemas de climatización*. [en línea].
<<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn253.html>>,
[Consulta: 23 de julio de 2016]
7. PITA, Edward G. *Acondicionamiento de aire, principios y sistemas, un enfoque energético*. 2da ed. México. Compañía editorial continental, 1994. 548páginas.
8. SCHWEIZTER, Gerald. *Curso completo de aire acondicionado*. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, 1974.
9. *Sistema convencional vrs Inverter*. [en línea].
<<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn253.html>>
[Consulta: 23 de julio de 2016].

APÉNDICE

Formato final de compra de equipo de aire acondicionado de la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”

Según las necesidades de climatización encontradas en dicha unidad, se procede a realizar la solicitud de compra e instalación de 2 equipos de refrigeración de 4 toneladas cada uno.

1. Objeto de la oferta electrónica

La Universidad de San Carlos de Guatemala invita a presentar ofertas para adquisición de equipo de aire acondicionado para la Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés” de la Escuela de Ciencias Psicológicas.

2. Generalidades

- Del contratista:
- Se compromete a proporcionar todos gastos requeridos a obra gris, material eléctrico, plomería, fletes, mano de obra y todo aquello que sea necesario para el montaje del equipo.
- Si en caso se dañan elementos adyacentes al área de trabajo, el contratista debe reparar los mismos sin ocasionar costo adicional.
- Deberá presentar un cronograma de actividades y cumplir con la fecha establecida de entregas.
- Está en la obligación de retirar de las instalaciones todos los desechos y basura que haya producido.

- Deberá presentar la constancia de visita escrita del oferente en la que manifieste que conoce el lugar en donde se realizarán los trabajos, así como las características y dificultades que presenta la instalación.
- Dicha visita podrá efectuarse de lunes a viernes en horario de 7:30 a 18:00 horas. Revisar planos y especificaciones técnicas, ya que cualquier detalle omitido en las especificaciones debe ser corregido. La ubicación es Biblioteca “Dr. Julio Antonio Ponce Valdés”, Centro Universitario Metropolitano –CUM–, edificio “A”, 1er. Nivel, salón 126, zona 11, Ciudad de Guatemala. Deberá ser acompañado por la administradora de la biblioteca, la cual deberá sellar y firmar la constancia de la visita.
- La administración de la biblioteca redactará un acta administrativa en donde se hará constar todos los parámetros de negociación, tiempo de entrega y condiciones de la contratación. Y además realizará un acta el día de la entrega del proyecto.
- La supervisión quedará a cargo de la División de Servicios Generales de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

3. **Presentación de la oferta**

La oferta deberá ser presentada de manera electrónica y debe ser por los equipos solicitados. El oferente debe presentar una carta en la que debe incluir su nombre (el propietario en caso de que sea persona individual o representante legal en caso de ser persona jurídica), adjuntar documento de identificación, estipular el tiempo de entrega (no mayor a lo estipulado en los presentes términos de referencia) y el valor de su oferta.

4. Especificaciones técnicas

Es necesario indicar que los equipos deben cumplir con las siguientes especificaciones:

Cantidad	Descripción
2	Unidad evaporadora tipo <i>mini split</i> piso techo con capacidad de 48000 BTU/h, de marca reconocida a nivel internacional y con repuestos en el país, diseño compacto y moderno, de tecnología <i>inverter</i> , SEER 13 ó 16, refrigerante ecológico, montada en el salón del lectura que opere con control remoto. La unidad condensadora debe ser montada en la azotea del 4to nivel del edificio mencionado. Instalación de bases metálicas tanto para las evaporadoras como para las condensadoras. Interconexiones de la unidad evaporadora y la condensadora con tubería de cobre y accesorios forrados con aislante <i>armaflex</i> , cinta para ducto y una capa de pintura <i>epoxi</i> blanca. Con recubrimiento <i>gold</i> fin anticorrosivo en la superficie del intercambiador de calor. Trabajos de alimentación eléctrica desde la toma, con cable adecuado y <i>Flip-on</i> independiente. Sistema de drenaje con tubería PVC cubierta de <i>armaflex</i> e instalación de caja de registro para drenaje. En caso de abertura de agujeros estos deben ser resanados. Se debe utilizar canaleta metálica para cubrir tubería y cableado interno. Ambas unidades deben funcionar con niveles bajos de ruido con un máximo de 50 dB.

Las características presentadas anteriormente son las mínimas solicitadas, el oferente deberá indicar claramente en la oferta las características de los equipos que ofrece y los equipos deben quedar debidamente instalados en los lugares previamente seleccionados

5. Garantías

El contratista deberá de entregar las siguientes garantías:

- De distribuidor: debe presentarse de manera escrita y firmada por el representante legal, en la cual exprese su

compromiso para la reparación del equipo de aire acondicionado adjudicado por cualquier desperfecto que no sea imputable al usuario y que no permita el funcionamiento adecuado, esto por un período mínimo de 1 año a partir de la fecha de acta de recepción, corriendo con gastos de traslado en caso de ser necesario.

- De fábrica: debe presentarse de manera escrita y expresar el compromiso de corregir o reemplazar el equipo de aire acondicionado adjudicado por cualquier desperfecto que no permita el funcionamiento adecuado, esto por un período mínimo de 1 año a partir de la fecha de acta de recepción, corriendo con gastos de traslado en caso de ser necesario.

6. Tiempo de entrega

Se tendrá como máximo un plazo de treinta días hábiles, los que comenzarán a contar a partir de la fecha de adjudicación, la cual se hará constar por medio del acta elaborada en la negociación.

7. Lugar de entrega

Los equipos deben ser entregados, instalados y comprobados en su correcto funcionamiento en las instalaciones de la Biblioteca de la Facultad de Odontología, ubicada en el tercer nivel del edificio M-4, Ciudad Universitaria, zona 12. Los mismos deberán ser instalados según la distribución mostrada en los anexos (estos anexos se refieren a las figuras 20, 22 y 23, las cuales deben ser adjuntadas al momento de realizar la licitación) de los presentes términos de referencia.

8. Financiamiento

Esta sección deberá ser llenada por el SIBUSAC, debido a que se debe conocer con exactitud la procedencia de los fondos para la ejecución.

9. Ofertas mínimas necesarias

Para proceder a analizar las ofertas, deberá existir un mínimo de 3 oferentes. De no cumplir lo anterior el proceso se declarará desierto.

10. Adjudicación

La adjudicación se realizará en un plazo de diez días hábiles a la empresa que proporcione o presente el mejor precio y que cumpla con todos los términos de referencia.

ANEXOS

Anexo 1. Cotización de equipo convencional

Dentro de la siguiente cotización se incluyen el costo de equipos de una tonelada, los cuales estaban pensados para cada uno de los cubículos. Luego de analizada la propuesta se descartó el uso de los mismos, por lo que se debe hacer caso omiso de ellos.



INSTALACION DISEÑO SUMINISTRO SERVICIO

Guatemala 3 de agosto de 2,016

Señor
Julio Abad
Presente

Estimado Señor:

Tenemos el gusto de cotizar el siguiente equipo de aire acondicionado, según especificaciones brindadas:

EQUIPO PISO TECHO 60KBTU 208-230/1 R410 COMFORTSTAR

EQUIPO PARED ALTA 12,000BTU R-410 220V EVERWELL

EQUIPO PARED ALTA 18,000BTU R-410 220V EVERWELL



COMPROMISO

Contamos con el stock de repuestos originales de fábrica necesarios, disponible en el mercado Guatemalteco, para que el equipo se mantenga un óptimo funcionamiento.

Contamos con el soporte técnico, así como capacidad para cubrir las necesidades de mantenimiento, con personal técnico calificado.



Turbo



LED Display



Modo reposo



Filtro de Carbón Activado



Función Arto- Reinicio



Nivel

3Avenida 23-80, Interior Finca El Zapote, Zona 2
Guatemala, Guatemala
2270-2308, 2289-3332 y 2289-3112
info@solucionesenfrio.net

Continuación anexo 1.



INSTALACION DISEÑO SUMINISTRO SERVICIO

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE 60,000 BTU/H MARCA COMFORTSTAR	Q16,300.00	Q16,300.00
1	EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE 60,000 BTU/H MARCA COMFORTSTAR	Q16,300.00	Q16,300.00
1	EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE 60,000 BTU/H MARCA COMFORTSTAR	Q16,300.00	Q16,300.00
1	EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE 60,000 BTU/H MARCA COMFORTSTAR	Q16,300.00	Q16,300.00
1	EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE 18,000 BTU/H MARCA EVERWELL	Q7,500.00	Q7,500.00
1	EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE 12,000 BTU/H MARCA EVERWELL	Q6,800.00	Q6,800.00
1	EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE 12,000 BTU/H MARCA EVERWELL	Q6,800.00	Q6,800.00
1	EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE 12,000 BTU/H MARCA EVERWELL	Q6,800.00	Q6,800.00
1	EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE 12,000 BTU/H MARCA EVERWELL	Q6,800.00	Q6,800.00
1	EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE 12,000 BTU/H MARCA EVERWELL	Q6,800.00	Q6,800.00
TOTAL: CIENTO TRECE MIL QUINIENTOS CON 00/100			Q113,500.00

CADA EQUIPO TIENE SERVICIO DE INSTALACIÓN

SERVICIO DE INSTALACIÓN PARA CADA EQUIPO

- Flipon con 15mt. del cable eléctrico.
- 15 metros de tubería de cobre y armaflex.
- Suministro de unidad condensadora y evaporadora.
- Instalación y suministro de bomba de condensado y manguera transparente.
- Interconexión de equipo con tubería de cobre nitrogenado, según medidas de diseño.
- Presurización del sistema con nitrógeno antes de carga de refrigerante.
- Recubrimiento de 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 de cobre tales como codos, coplas, coplas reductoras.
- Para la fijación de tuberías de succión y líquido, se utilizarán abrazaderas de acero galvanizado para este tipo de aplicación. Para las tuberías de líquido se instalará material aislante entre tubo y la abrazadera para evitar que la vibración pueda provocar fugas de refrigerante.
- Soldaduras con barrillas de acero plata.
- Vacío al sistema.
- Puesta en marcha del equipo.

3Avenida 23-80, Interior Finca El Zapote, Zona 2
 Guatemala, Guatemala
 2270-2308, 2289-3352 y 2289-3112
 info@solucionesenfrio.net

Continuación anexo 1.



INSTALACION

DISEÑO

SUMINISTRO

SERVICIO

Garantía: Un año bajo condiciones normales de operación. Se excluye nuestra garantía por fallas debidas o desperfectos eléctricos en el suministro de energía eléctrica, mala operación o intervención humana.

Forma de pago: Depósito cuenta BAM

Cuenta: SOLUCIONES EN FRIO, S.A.

No. de cuenta: 30-4004306-8

Tiempo de entrega: previo coordinación.

Agradeciendo la atención prestada a la misma

Joselinne Coronado
Soluciones en Frio, S.A.

3Avenida 23-80, Interior Finca El Zapote, Zona 2
Guatemala, Guatemala
2270-2308, 2289-3352 y 2289-3112
info@solucionesenfrio.net

Fuente: Soluciones en frío S.A.

Anexo 2. Fichas técnicas de los equipos cotizados por la empresa soluciones en frio



Mini-Split System R-410A



Model		MC0913	MC0923	MC1213	MC1223	MC1823	MC2423	MC3623
Nameplate Parameter	Power Supply	v/ph/Hz	115/1/60	220/1/60	115/1/60	220/1/60	220/1/60	220/1/60
		w	2500	2500	3200	3200	5100	8600
	Cooling Capacity	Btu / h	9666	9666	12000	12000	18000	28000
	Cooling Power Input	W	900	880	1200	1180	2100	3000
	Cooling Current Input	A	8.2	4.2	11.4	5.5	9.8	10
	EER	w/w	2.78	2.84	2.67	2.76	2.43	2.84
	Max. Input Consumption	w	1150	1150	1600	1600	2800	3000
	Max. Current	A	10.5	5.3	16.2	7.7	15.8	15.9
Compressor	Model	ASN94EIVSZ	ASN92NIBUZ	EA118M1C-1F2DU1	PA118M1C-3FZU	ASH2015N-C6LU	PA218M2C-3ETU2	PA231X3CS-SMTU
	Type	Rotary	Rotary	Rotary	Rotary	Rotary	Rotary	Rotary
	Brand	GMCC	GMCC	GMCC	GMCC	Highly	Highly	GMCC
Indoor	Model	MC0913-EU	MC0923-EU	MC1213-EU	MC1223-EU	MC1823-EU	MC2423-EU	MC3623-EU
	Indoor Air Circulation	m ³ /h	400	400	500	500	800	1350
	Indoor Noise Level	dB(A)	32-35	32-38	30-41	31-41	37-44	42-46
	Dimension (LxWxH)	mm	745x290x195	745x290x195	745x290x195	745x290x195	860x292x215	860x292x215
	Packing (LxWxH)	mm	825x320x278	825x320x278	825x320x278	825x320x278	983x377x300	983x377x300
	Net/Gross Weight	Kg	8/11	8/11	8/11	8/11	13/15	14/17
	Stacked Layers	--	8	8	8	8	6	6
	Evaporator Form		Hydrophilic fn					
Outdoor	Model	MC0913-CU	MC0923-CU	MC1213-CU	MC1223-CU	MC1823-CU	MC2423-CU	MC3623-CU
	Outdoor Noise Level	dB(A)	51	51	54	54	54	59
	Dimension (LxWxH)	mm	700x225x500	700x225x500	715x235x540	715x235x540	785x255x540	850x295x605
	Packing (LxWxH)	mm	825x320x550	825x320x550	851x335x600	851x335x600	920x335x585	995x415x680
	Net/Gross Weight	Kg	22/24	22/24	26/28	26/28	36/40	36/41
	Refrigerant	--	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
	Refrigerant Charge	lb	410	420	650	630	900	1000
		kg	0.9	0.9	1.4	1.4	1.90	2.2
	Design Press. (Hi/Low)	MPa	4.2 / 1.2	4.2 / 1.2	4.2 / 1.2	4.2 / 1.2	4.2 / 1.2	4.2 / 1.2
	Fan Type	--	Axial-Flow	Axial-Flow	Axial-Flow	Axial-Flow	Axial-Flow	Axial-Flow
	Condenser Form	--	Aluminum Fin-Copper Tube					
Ambient Temp Range	°C/°F	43 / 109.4	43 / 109.4	43 / 109.4	43 / 109.4	43 / 109.4	43 / 109.4	
Stacked Layers	--	4	4	4	4	4	4	
Connection Pipe	Length	m / ft	3 / 10	3 / 10	3 / 10	3 / 10	3 / 10	3 / 10
	Liquid Pipe (OD)	mm	9.5	9.5	9.5	9.5	12.7	12.7
		in	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2
	Gas Pipe (OD)	mm	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
		in	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4
	Max Height	m / ft	5 / 15	5 / 15	5 / 15	5 / 15	5 / 15	5 / 15
Max Length	m / ft	15 / 50	15 / 50	15 / 50	15 / 50	15 / 50	15 / 50	
Loading	20' / 40' HQ	Sets	130/315	130/315	120/280	120/280	105/240	72/170



Distributed by _____

www.everwellparts.com

Continuación anexo 2.

ComfortStar®

Aire Acondicionado y Calefacción

NEO & NEH 60Hz Piso Techo

NUMERO DE MODELO		NEO34SCG	NEH45SCG	NEO36SCG	NEH36SCG	NEO48SCG	NEH48SCG	NEO60SCG	NEH60SCG		
Enfriamiento	Capacidad	Btu/h	24000	24000	36000	36000	48000	48000	60000		
	Clasificación de Corriente	A	11.4	11.4	16	16	23	23	29		
	SEER	Btu/W.h	10	10	10	10	10	10	10		
Calefacción	Capacidad	Btu/h	-	26400	-	39600	-	52000	-		
	Clasificación de Corriente	A	-	12.05	-	18.1	-	22.3	-		
Suministro de corriente		PH-V-HZ	1PH 208-230V-60/50HZ								
Ventilador	Tipo		Centrifugo								
	Número		4	4	4	4	4	4	4		
	Diámetro x Longitud		pulgadas $\phi 5 \times 5.25$				pulgadas $\phi 6 \times 7$				
Motor de Ventilador	Impulso		Directo								
	Cantidad		1	1	1	1	1	1	1		
	Salida		W	50	50	50	50	180	180	180	
	RLA		A	0.35	0.35	0.35	0.35	1.8	1.8	1.8	
	LRA		A	0.72	0.72	0.72	0.72	3.5	3.5	3.5	
	Capacitador		μF	4	4	4	4	10	10	10	
	Velocidad (Alto/Medio/Bajo)		RPM	1560/1400/1340				1320/1280/1240			
Datos del Serpentin	Aletas por pulgada		15	15	15	15	15	15	15		
	Área de cara		Ft ²	2.2				3.6			
	Tamaño del Serpentin (Ancho x Altura x Profundidad)		pulgadas	40.7x7.5x1.5				52.8x10x1.5			
	Tipo de Aleta			aluminio hidrófilo				aluminio hidrófilo			
	Número de Hileras			3	3	4	ϕ 4	3	3	3	
	Diam. Ext. del tubo y tipo			7 ranurados interiormente							
Flujo de Aire (Alto/Medio/Bajo)		CFM	688/677/665				1234/1200/1176				
Nivel de Ruido (Alto/Medio/Bajo)		dB(A)	45/43/40				57/52/46				
Dimensiones del Cuerpo (Ancho x Altura x Profundidad)		pulgadas	54X26.4X8.3				65.8X30X10				
Tubería de Conexión (gas/liquido)		pulgadas	5/8" / 3/8"				3/4" / 1/2"				
Peso (Neto/bruto)		libras	70/77		83/90		92/112				



Fuente: Soluciones en frío S.A.

Anexo 3. Cotización de equipo *inverter*

La tecnología *inverter* en sistema piso techo tiene una capacidad técnica de 4,5 toneladas pero según los técnicos consultados los equipos pueden rendir 5 toneladas.



PROYECTO:
USAC
AREA 1 Y 2

**INSTALACION DE AIRE ACONDICIONADO INVERTER
TIPO TECHO MARCA LG**



PRESENTA:

EURO AIRE S.A.

8 Calle, 14-35 Avenida Hincapié Zona 13 Guatemala, Guatemala C.A.
GUATEMALA PBX: (502) 2441-9094, EL SALVADOR PBX: (503)2524-5900
e-mail: info@grupoaire.com www.euroaire.com.sv

Continuación anexo 3.



Guatemala, 06 de septiembre de 2016

Señores
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
PRESENTE

Atención: Julio Abad

Estimado Señores.-

Reciba un cordial saludo de parte de Euro Aire S.A., a continuación presentamos a su persona nuestra oferta Aire Acondicionado INVERTER Tipo Techo, Marca LG. Dicho equipo tiene un excelente ahorro de energía ya que la eficiencia es de 16 SEER.

USAC_ AREA 1 Y 2						
CANT.	MODELO	DESCRIPCION	CAPACIDAD TON	VOLTAJE	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
2	AVUQ54GLLA2	Unidad Inverter Tipo Techo	4.5	220V,1PH,60HZ	\$ 3,425.67	\$ 6,851.35
2	AVUQ48GLL2	Unidad Inverter Tipo Techo	4	220V,1PH,60HZ	\$ 3,127.13	\$ 6,254.27
1	AVUQ18GLL2	Unidad Inverter Tipo Techo	1.5	220V,1PH,60HZ	\$ 1,595.18	\$ 1,595.18
3	PQRCV5LOQW	Wire remote Controller			\$ 90.80	\$ 290.40
1		MATERIALES			\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
1		MANO DE OBRA			\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
TOTAL SIN IVA						\$22,991.19

TOTAL EN LETRAS: VEINTIDOS MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y UN DOLARES CON 19/100.-

Oferta Económica Incluye:

1. Instalación de equipos de A/A Inverter Tipo Techo Marca LG con su control remoto incluido
2. Instalación de red de drenajes; Esto es el acople de la red de tuberías hasta las bajadas de aguas lluvias más próximas o a los puntos de aguas grises de los baños más cercanos.
3. Arranques y Puesta en Marcha del sistema de aire acondicionado.
4. No incluye obras de tipo Civil: eléctrico modificaciones, tabla roca, construcción, pintura etc. NO contempladas previamente.

8 Calle, 14-35 Avenida Hincapié Zona 13 Guatemala, Guatemala C.A.
GUATEMALA PBX: (502) 2441-9094, EL SALVADOR PBX: (503)2524-5900
e-mail: info@grupoeuroaire.com www.euroaire.com.sv

Continuación anexo 3.



Condiciones Generales de Suministro:

- ❖ **Forma de pago:** 40% Anticipo y 60% a 30 días crédito.
- ❖ **Fecha de Inicio de la Obra:** 5 días hábiles después de haber recibido el anticipo
- ❖ **Tiempo de importación de los equipos:** De 1 semanas después de recibir O.C.
- ❖ **Validez de la Oferta:** 30 días calendario
- ❖ **Tiempo estima de instalación:** 1 semana
- ❖ Garantía no es válida en elementos dañados por disturbios en líneas de suministro eléctrico, por mala manipulación del equipo por terceros, ni por equipos faltos de mantenimiento preventivo.
- ❖ Garantía cubre desperfectos de equipo, repuestos de fábrica y de instalación mecánica del mismo.
- ❖ Garantía de 3 años en partes y 5 años en compresor
- ❖ Garantía es válida y cuenta a partir del día de recepción del equipo.

Esperamos que nuestra cotización sea de su agrado, en espera de recibir una respuesta favorable nos ponemos a sus apreciables órdenes.

Leslie de Padilla | Key Account
EUROAIRE, S.A
TECNOLOGIA EN AIRE ACONDICIONADO
PBX: (502) 2441-9694 | Celular: (502) 5410-9154
leslie.depadilla@grupoeuroaire.com | www.grupoeuroaire.com

8 Calle, 14-35 Avenida Hincapié Zona 13 Guatemala, Guatemala C.A.
GUATEMALA PBX: (502) 2441-9694, EL SALVADOR PBX: (503)2524-5900
e-mail: info@grupoeuroaire.com www.euroaire.com.sv

Fuente: Grupo EuroAire.

Anexo 4. Ficha técnica del equipo cotizado por EuroAire

 **Control en la Dirección del flujo**
Por medio del control remoto es posible ajustar la dirección del flujo de aire.
Esta opción es efectiva cuando el usuario desea refrescarse de manera directa.

 **Filtro de un toque.**
- Alarma de filtro sucio.
- Fácil acceso al filtro.

Control Remoto incluido



Autodireccionamiento de Flujo de Aire (arriba y abajo)



Unidad Interna				AVNQ36GKI A0	AVNQ48GII A0	AVUQ54GII A0
Capacidad	Enfriamiento	Mín. Nom. Max.	Btu/h	13,600 – 34,100 – 37,500	18,300 – 45,700 – 50,200	21,600 – 53,900 – 56,800
Eficiencia			SEER	16	16	16
Alimentación eléctrica			V. Ø. Hz	220 1. 60	220 1. 60	220 1. 60
Dimensiones	W x H x D		mm	1350 x 650 x 220	1750 x 650 x 220	1750 x 650 x 220
Peso Neto			Kg	29	35	35
Flujo de aire	H / M / L		CFM	756 / 696 / 543	1,060 / 999 / 929	1,112 / 1,049 / 989
Tuberías de refrigeración	Líquido	Diám. externo	mm(inch)	Ø 9.52 (3/8)	Ø 9.52 (3/8)	Ø 9.52 (3/8)
	Gas	Diám. externo	mm(inch)	Ø 15.88 (5/8)	Ø 15.88 (5/8)	Ø 15.88 (5/8)
Unidad Externa				AVUQ36GHI / AVUQ36GKII A0	AVUQ48GHI / AVUQ48GKII A0	AVUQ54GHI / AVUQ54GKII A0
Alimentación de Energía			V. Ø. Hz	220 1. 60	220 1. 60	220 1. 60
Corriente en operación			A	14.4	19.5	22.7
Dimensiones	W x H x D		mm	950 X 834 X 330	950 x 834 x 330	950 x 1,390 x 330
Peso Neto			kg (lbs)	65.0 (143.3)	67.0 (147.7)	96.0 (211.8)
Compresor	Tipo			Twin Rotary	Twin Rotary	Twin Rotary
	Modelo		Model x No.	6P14426A x 1	6P14426A x 1	6P14426B x 1
	Tipo de motor			BL DC	BL DC	BL DC
Refrigerante	Tipo			R-410a	R-410a	R-410a
	Carga adicional de refrigerante		g/m	40	40	40
	Control			Válvula de expansión electrónica	Válvula de expansión electrónica	Válvula de expansión electrónica
Aceite	Tipo			PVC68D	PVC68D	PVC68D
	Volumen cargado		cc x No.	1,300 x 1	1,300 x 1	1,300 x 1
Ventilador	Tipo			11Hice	11Hice	11Hice
	Flujo de aire		m ³ /min	58 x 1	60 x 1	55 x 2
Nivel de presión sonora			dB(A)	48	52	55
Tuberías de refrigeración	Líquido	Diám. externo	mm(inch)	Ø 9.52 (3/8)	Ø 9.52 (3/8)	Ø 9.52 (3/8)
	Gas	Diám. externo	mm(inch)	Ø 15.88 (5/8)	Ø 15.88 (5/8)	Ø 15.88 (5/8)
Distancia de tuberías		Max.	m (ft)	50 (164.0)	50 (164.0)	50 (164.0)
Máxima diferencia de altura	Unidad externa – Unidad interna	Max.	m (ft)	30 (98.4)	30 (98.4)	30 (98.4)

También disponible en capacidades de 18KBtu, 21KBtu, 24KBtu y 42KBtu.

LG Electronics

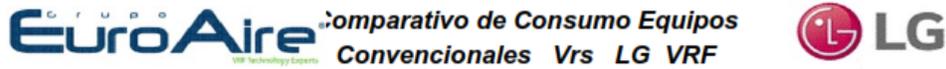
Commercial Air Conditioning

Panamá Calle 50, PH Tower Financial Center, Piso 34 Panamá, Rep. de Panamá
Distribuidores autorizados LG para Latinoamérica y el Caribe.



Fuente: Grupo EuroAire.

Anexo 5. Comparativo proporcionado por la empresa EuroAire sobre el rendimiento de la inversión



USAC AREAS 1 Y 2

Equipos Convencionales Instalados							COSTOS ANUAL MANTENIMIENTOS				
Ubicación	Equipos Convencional	Toneladas	Kw/Hr	Costo del Kw/Hr	Costo 10 hrs/1 Dia	Costo 1 Mes /20 dias	Consumo Energia ANUAL	Preventivo	Correctivo	Costo Total	COSTO TOTAL ANUAL Energia + Mantenimientos
USAC AREA 1 Y 2	EQUIPOS	18.5	24.05	\$2.41	\$24.05	\$481.00	\$5,772.00	\$1,776.00	\$1,776.00	\$3,552.00	\$9,324.00



Equipos LG VRF a Instalar							COSTOS ANUAL MANTENIMIENTOS				
Ubicación	Equipos Propuesto	Toneladas	Kw/Hr	Costo del Kw/Hr	Costo 10 hrs/1 Dia	Costo 1 Mes /20 dias	Consumo Energia ANUAL	Preventivo	Correctivo	Costo Total	COSTO TOTAL ANUAL Energia + Mantenimientos
USAC AREA 1 Y 2	LG VRF	18.5	12.95	\$1.30	\$12.95	\$259.00	\$3,108.00	\$1,776.00	\$0.00	\$1,776.00	\$4,884.00

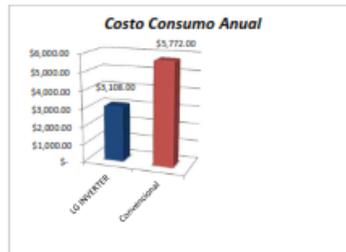
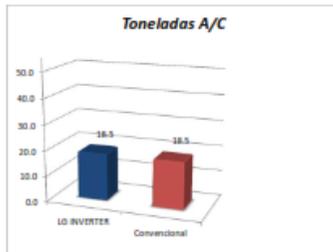
Comparativo de Consumo Equipos Convencional Vrs LG VRF



USAC AREAS 1 Y 2



EQUIPOS	TON instaladas	Costo Consumo Anual	Costo Mantenimiento Anual
LG INVERTER	18.5	\$ 3,108.00	\$ 1,776.00
Convencional	18.5	\$ 5,772.00	\$ 3,552.00
AHORRO	0.0	\$ 2,664.00	\$ 1,776.00



Continuación anexo 5.

Comparativo de Consumo Equipos Convencionales Vrs LG VRF



EQUIPO	COSTO										COSTO		
	Toneladas a	Costo por Tonelada	Operativo Anual (Consumo y Mantenimiento)	Inversión INICIAL	PRIMER AÑO	SEGUNDO AÑO	TERCER AÑO	CUARTO AÑO	QUINTO AÑO	AHORRO EN 5 AÑOS	Operativo en próximos 5 años	Total del Equipo en 10 años	AHORRO EN 10 AÑOS
LG VRF	18.5	\$1,242.76	\$4,884.00	\$22,991.06	\$27,875.06	\$35,867.06	\$39,254.78	\$42,922.22	\$46,869.38	\$23,728.10	\$25,796.40	\$72,665.78	\$49,613.30
Convencional R410	18.5	\$950.00	\$9,324.00	\$17,575.00	\$26,899.00	\$43,771.00	\$52,016.08	\$60,958.24	\$70,597.48		\$51,681.60	\$122,279.08	

VIDA UTIL	Incremental					
	2 año	3 año	4 año	5 año	6 año	
LG: 15 Años	\$ 1,018.00	\$ 1,387.72	\$ 1,871.48	\$ 2,467.20	\$ 3,181.88	\$ 4,023.88
Convencional: 5 años	\$ 1,772.00	\$ 2,251.48	\$ 2,835.48	\$ 3,524.48	\$ 4,318.00	\$ 5,216.00



Fuente: Grupo EuroAire.

