



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

**MONTAJE DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL DE UN AUDITÓRIUM
UBICADO EN CIUDAD SAN CRISTÓBAL, CIUDAD DE GUATEMALA**

Silvia Cristal Aguilar

Asesorado por el Ing. Jorge Mario Muñoz Paz

Guatemala, octubre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MONTAJE DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL DE UN AUDITÓRIUM
UBICADO EN CIUDAD SAN CRISTÓBAL, CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SILVIA CRISTAL AGUILAR

ASESORADO POR EL ING. JORGE MARIO MUÑOZ PAZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA MECÁNICA INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016

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 Garcia
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardón
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
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:

MONTAJE DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL DE UN AUDITÓRIUM UBICADO EN CIUDAD SAN CRISTÓBAL, CIUDAD DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 26 de julio de 2013.



Silvia Cristal Aguilar

Guatemala 20 de febrero del 2015

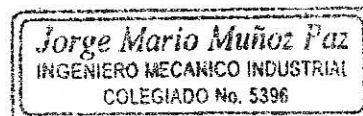
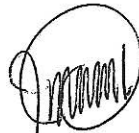
Ingeniero:
Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería, USAC

Ingeniero Urquizú

Atentamente me permito comunicarle, que he tenido a la vista el informe final del trabajo de graduación de la estudiante Silvia Cristal Aguilar, quien se identifica con número Carné 200517893, titulado "**MONTAJE DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL DE UN AUDITÓRIUM UBICADO EN CIUDAD SAN CRISTÓBAL, CIUDAD DE GUATEMALA**" y después de realizar las revisiones correspondientes, he encontrada que la misma cumple con los objetivos planteados y además, se ajusta al contenido indicado y autorizado según protocolo, procediendo por este medio a su aprobación final.

Por lo tanto extendiendo la presente para continuar con el proceso requerido.

Atentamente.



Ing. Jorge Mario Muñoz Paz
Ingeniero Mecánico Industrial
No. De colegiado: 5396



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MONTAJE DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL DE UN AUDITÓRIUM UBICADO EN CIUDAD SAN CRISTÓBAL, CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria **Silvia Cristal Aguilar**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Edgar Darío Álvarez Cotí
Ing. Mecánico Industrial
Colegiado No. 3424

Guatemala, marzo de 2015.

/mgp



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 **MONTAJE DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL DE UN AUDITÓRIUM UBICADO EN CIUDAD SAN CRISTÓBAL, CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria **Silvia Cristal Aguilar**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2016.



/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

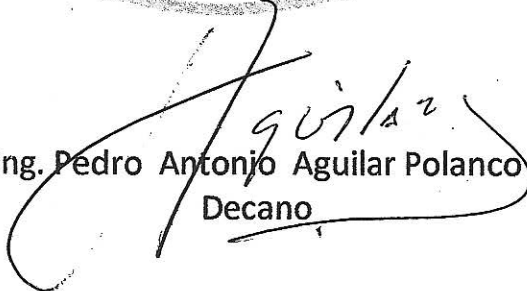


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 533.2016

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: **MONTAJE DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL DE UN AUDITORIUM UBICADO EN CIUDAD SAN CRISTÓBAL, CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria: **Silvia Cristal Aguilar**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2016

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por su amor eterno, bendiciones que me ha brindado en mi vida, por estar siempre a mi lado, porque todo es posible conforme a su divina voluntad.
- Mis padres** Samuel Cristal y Martha Aguilar, por su amor y apoyo brindado durante las etapas de mi vida y mi carrera estudiantil, a quienes deseo muchas bendiciones.
- Mi hermana** Elvia Cristal Aguilar, por su cariño y apoyo brindado, Dios la bendiga grandemente.
- Mi sobrino** Guillermo Cristal, por su aprecio, espero que este triunfo sea de motivación para él, a quien deseo muchas bendiciones.
- Mis abuelos** Guillermo Cristal y Florencia Tún (q.e.p.d.) por los lindos recuerdos y muestras de amor que me dejaron e Hipólito Domingo y Desideria Aguilar, por su amor, a quienes deseo muchas bendiciones.

Mis familiares

Por su aprecio y apoyo, especialmente a mis tíos Zacarías (q.e.p.d.) y Carlos Cristal, Jacinta Domingo y Julie Romero, mis primos Samuel, Juan José, Josué, Aracely y Ruth, a quienes les deseo grandes bendiciones.

Peter Henríquez

Por ser una persona muy especial, que me ha apoyado incondicionalmente, impulsándome a seguir adelante, Dios le bendiga grandemente a él y sus familiares.

Claudia Toc Gómez

Por su amistad brindada y por su apoyo durante estos años de estudios universitarios, Dios derrame muchas bendiciones en su vida y en su hogar.

**Iglesia Adventista
Cuidad San Cristóbal**

Por brindarme una hermosa amistad, por su apoyo brindado especialmente a las familias Miranda, Fonseca, Sagastume, Oxom, también a las hermanas Lesbia Berganza, Francisca Gómez y Ángela Osorio, Dios les bendiga.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por ser la fuente de sabiduría e inteligencia, por ser el principal impulsor de mi carrera, y guiarme siempre.
Ing. Jorge Mario Muñoz	Por su asesoría en mi trabajo de graduación, por compartir su conocimiento, Dios le bendiga a él y su familia.
Inga. Sigrid Calderón	Por su ayuda e indicaciones durante la realización de mi EPS, por compartir su conocimiento, Dios le colme de bendiciones.
Iglesia Adventista Ciudad San Cristóbal	Por la confianza brindada, para la realización de mi trabajo de graduación. Muchas bendiciones.
Empresa Aire Uno	Por abrirme las puertas para la realización de mi trabajo de graduación, principalmente al Ing. Rodolfo Cacacho, por el apoyo brindado.
Editorial Universitaria	Por permitirme la realización de mi EPS y practica laboral, brindándome su apoyo y confianza, especialmente al Ing. Anacleto Medina y Sra. Marta Melara, a quienes deseo muchas bendiciones.

**Escuelas de Ingeniería
Mecánica y Mecánica
Industrial.**

Por los catedráticos que entregaron su conocimiento y dedicación, especialmente al Ing. Esdras Miranda, César Akú (q.e.p.d.), Edgar Álvarez y Lic. Óscar Segura, por su cooperación en la elaboración del presente estudio.

Peter Henríquez

Por ser una importante influencia en mi carrera, por su apoyo incondicional en la realización de mi trabajo de graduación, Dios le colme de bendiciones.

Mis compañeras

Por su apoyo durante mi carrera estudiantil y en la realización de mi trabajo de graduación en especial a Claudia Toc, Reyna López, Laura Rodas, Lucía Chinchilla, Karina Mazul, Saira Yoc, Cecilia Castillo, Carmen Pineda y Jenny Agustín muchas bendiciones.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. GENERALIDADES DE EMPRESA PROVEEDORA DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO	1
1.1. Empresa	1
1.1.1. Misión	2
1.1.2. Visión.....	2
1.1.3. Políticas	3
1.1.4. Filosofía	3
1.2. Estructura organizacional	3
1.2.1. Organigrama.....	4
1.3. Productos	4
1.3.1. Aire acondicionado	5
1.3.2. Refrigeración	6
1.3.3. Ventilación	6
1.4. Servicios.....	6
1.4.1. Instalación de proyectos	7
1.4.2. Mantenimiento preventivo.....	7
1.4.3. Mantenimiento correctivo.....	7
1.4.4. Capacitación.....	8

1.5.	Aire acondicionado.....	8
	1.5.1.Componentes básicos de un equipo de aire acondicionado	8
	1.5.2.Diagrama de Mollier	10
	1.4.3.Características de equipos <i>minisplit</i>	12
2.	SITUACIÓN ACTUAL EN EL AUDITÓRIUM	17
2.1.	Condiciones ambientales	18
2.2.	Dimensiones	19
2.3.	Fuentes de calor	22
	2.3.1. Fuentes de calor internas	22
	2.3.1.1. Ocupantes y actividad	22
	2.3.1.2. Equipo eléctrico	24
	2.3.1.3. Iluminación	24
	2.3.2. Fuentes de calor externas.....	25
	2.3.2.1. Paredes expuestas al sol	26
	2.3.2.2. Ventanas expuestas al sol	27
	2.3.2.3. Techo	27
2.4.	Ventilación actual	29
	2.4.1. Equipos de ventilación	31
	2.4.2. Puertas abiertas	32
	2.4.3. Ventanas abiertas	32
2.5.	Espacios disponibles para los equipos.....	38
	2.5.1. Espacio para condensador.....	39
	2.5.2. Espacio para evaporador	40
2.6.	Instalación eléctrica.....	42
3	PROPUESTA.....	43
3.1.	Equipos a instalar.....	43

	3.1.1.	Eficiencia eléctrica	46
	3.1.2.	Capacidad de enfriamiento	49
3.2.		Optimización de espacios.....	50
	3.2.1.	Espacios internos	51
	3.2.2.	Espacios externos	53
3.3.		Instalación eléctrica	56
3.4.		Montaje de equipos	58
	3.4.1.	Cimentación de evaporador.....	58
	3.4.2.	Instalación de evaporador	59
	3.4.3.	Cimentación de condensador	59
	3.4.4.	Instalación de condensador	61
3.5.		Mantenimiento	61
	3.5.1.	Manual de mantenimiento preventivo y correctivo..	62
		3.5.1.1. Mantenimiento rutinario	62
		3.5.1.2. Mantenimiento mensual.....	63
		3.5.1.3. Mantenimiento general	64
3.6.		Capacitación.....	68
	3.6.1.	Personas a capacitar	68
	3.6.2.	Contenido de la capacitación.....	68
		3.6.2.1. Funcionamiento del equipo.....	68
		3.6.2.2. Manual de mantenimiento preventivo ..	70
3.7.		Costo de propuesta	70
3.8.		Análisis financiero.....	72
4		IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTA	77
	4.1.	Compra de equipo	77
	4.2.	Montaje de equipos	77
		4.2.1. Instalación eléctrica	78
		4.2.2. Cimentación de equipos	78

	4.2.2.1.	Cimentación de condensador	78
	4.2.2.2.	Cimentación de evaporador	80
	.4.2.3.	Instalación de equipos.....	82
	4.2.3.1.	Instalación de evaporador	82
	4.2.3.2.	Instalación de condensador.....	84
	4.2.3.3.	Instalación de sistemas periféricos	86
4.3.		Operación de prueba.....	96
	4.3.1.	Detección de fallas	96
	4.3.2.	Detección de fugas.....	96
	4.3.3.	Detección de vibraciones	97
4.4.		Programación de capacitación	98
4.5.		Programación de mantenimiento	98
	4.5.1.	Programación de mantenimiento preventivo	98
	4.5.2.	Programación de mantenimiento correctivo	99
5		SEGUIMIENTO Y CONTROL	101
5.1.		Programa de mantenimiento preventivo.....	104
	5.1.1.	Limpieza de equipo	104
	5.1.2.	Detección de fallas	104
	5.1.3.	Detección de fugas.....	105
	5.1.4.	Detección de vibraciones	105
5.2.		Programa de mantenimiento correctivo.....	109
	5.2.1.	Reparación de fallas.....	109
	5.2.2.	Reparación de fugas	109
	5.2.3.	Eliminación de vibraciones	109
6		ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	113
6.1.		Análisis de impacto ambiental por el uso de refrigerante	115
	6.1.1.	Índices de impacto ambiental directo	116

6.1.2.	Índices de impacto ambiental indirecto.....	117
6.1.3.	Identificación de peligros por el uso del refrigerante	118
6.2.	Contaminación auditiva	121
6.3.	Contaminación visual	121
6.4.	Medidas de mitigación.....	122
6.4.1.	Mantenimiento preventivo de equipo.....	122
6.4.2.	Detección y reparación de fugas	123
6.4.3.	Detección y eliminación de vibraciones	123
CONCLUSIONES		125
RECOMENDACIONES.....		127
BIBLIOGRAFÍA.....		129
APÉNDICES		129
ANEXOS.....		129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de empresa Aire Uno.....	2
2.	Organigrama de empresa Aire Uno.....	4
3.	Equipos y sistemas de A/C ofrecidos por la empresa	5
4.	Componentes básicos de un equipo de A/C	10
5.	Diagrama de Mollier (entalpía <i>versus</i> presión).....	11
6.	Evaporador pared alta.....	12
7.	Evaporador piso-techo	13
8.	Tipos de condensador.....	14
9.	Ubicación de la IASD de ciudad San Cristóbal	17
10.	Auditórium	20
11.	Plano del auditórium.....	21
12.	Plano de elevación del auditórium	26
13.	Plano del techo del auditórium	28
14.	Diseño de ventilación natural en edificios	30
15.	Equipos de ventilación actuales	32
16.	Ventanas de auditórium	34
17.	Diagrama toneladas de refrigeración <i>versus</i> L. R-22 línea de succión	37
18.	Diagrama toneladas de refrigeración <i>versus</i> L. R-22 línea de gas caliente	38
19.	Terraza de concreto	39
20.	Pérgola metálica	40
21.	Espacio dispuesto para evaporador	41

22.	Fachada de plataforma de consola de sonido	42
23.	Partes de equipo <i>minisplit</i>	44
24.	Carta de zona de confort	50
25.	Espacio dispuesto para la instalación del evaporador 1	52
26.	Espacio dispuesto para la instalación de evaporador 2	53
27.	Espacio dispuesto para la instalación del condensador 1	55
28.	Espacio dispuesto para la instalación del condensador 2.....	56
29.	Estructura de cimentación de condensador 1	60
30.	Estructura de cimentación de condensador 2.....	61
31.	Remoción de cubierta de evaporador.....	63
32.	Extracción de filtro de aire	64
33.	Diagrama de flujo de efectivo de alternativa 1	74
34.	Diagrama de flujo de efectivo de alternativa 2	75
35.	Diagrama de flujo de efectivo de la TIR	76
36.	Cimentación de condensador 1	79
37.	Cimentación de condensador 2	80
38.	Cimentación de evaporador 1	81
39.	Cimentación de evaporador 2.....	82
40.	Espacios colindantes al evaporador	83
41.	Agujero de instalación de tuberías con caída al exterior.....	84
42.	Espacios colindantes al condensador.....	85
43.	Posición de tubería de drenaje	87
44.	Ensanchamiento correcto de tubería de cobre	88
45.	Conexión tubería- válvula	90
46.	Método de carga de nitrógeno	91
47.	Disposición de tubería de drenaje.....	92
48.	Conexiones de purga de aire	94
49.	Plano de disposición de equipos instalados	95
50.	Formato de control de equipos de A/C	103

51.	Formato de control de mantenimiento rutinario	106
52.	Formato de control de mantenimiento preventivo mensual.....	107
53.	Formato de control de mantenimiento preventivo anual.....	108
54.	Formato de control de mantenimiento correctivo	111
55.	Diagrama esquemático impacto ambiental de los refrigerantes.....	115

TABLAS

I.	Datos estadísticos climáticos de la ciudad de Guatemala	18
II.	Tasas de ganancia de calor por persona	23
III.	Equipo eléctrico.....	24
IV.	Iluminación.....	25
V.	Valores de referencia según ASHRAE 62.....	29
VI.	Renovaciones de aire en edificios.....	30
VII.	Volumen de aire necesario por persona.....	31
VIII.	Ventanas abiertas	33
IX.	Tabla resumen de cálculo de carga de refrigeración	35
X.	Especificaciones técnicas de alternativa 1 (equipo de A/C).....	45
XI.	Especificaciones técnicas de alternativa 2 (equipo de A/C).....	46
XII.	Consumo eléctrico de equipos de A/C	48
XIII.	Condiciones de diseño interior de recinto.....	49
XIV.	Clasificación de conductores de cobre según la AWG.....	57
XV.	Fallas de funcionamiento el sistema de A/C	66
XVI.	Descripción de costos de alternativa 1.....	70
XVII.	Descripción de costos de alternativa 2.....	71
XVIII.	Descripción de costos indirectos alternativa 1	72
XIX.	Descripción de costos indirectos alternativa 2	72
XX.	Espacios mínimos colindantes al condensador	85
XXI.	Par de apriete para tuberías de cobre.....	89

XXII.	Etapas de prueba de hermeticidad.....	97
XXIII.	Programación de actividades de mantenimiento preventivo.....	99
XXIV.	Exclusión sucesiva en el consumo de HCFC	114
XXV.	Impacto ambiental de refrigerantes utilizados en los equipos	117
XXVI.	Clasificación de seguridad de los refrigerantes	120
XXVII.	Clasificación de seguridad de refrigerantes utilizados en los equipos propuestos.....	121

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A/C	Aire acondicionado
A1	Alternativa 1
A2	Alternativa 2
C°	Celsius
cm	Centímetro
CO₂	Dióxido de carbono
dB	Decibelio
LCCP	Desempeño climático del ciclo de vida
h	Entalpia
F°	Grados Fahrenheit
HCFC	Hidrocloroflourocarbonos
HFC	Hidroflourocarbono
Kw	Kilowatt
m	Metro
m²	Metro cuadrado
PAO	Potencial de agotamiento de oxígeno
PCG	Potencial de calentamiento global
P	Presión
"	Pulgada
Q	Quetzal
SAO	Sustancias que agotan la capa de ozono
T	Temperatura
V	Voltio

W

Watt

GLOSARIO

Abocinado	Forma semejante a bocina.
Acelerómetro	Sensor que mide la aceleración.
Adiabáticamente	Conjunto de elementos destinados a fijar algo firmemente.
ASHRAE	Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado.
Azeotrópica	Refrigerante que es una mezcla de dos o más tipos, los cuales tiene a misma temperatura de evaporación.
AWG	Calibre de alambre estadounidense.
Benceno	Líquido incoloro e inflamable, de amplia utilización como disolvente y como reactivo en operaciones de laboratorio y usos industriales.
BTU	Cantidad de calor que se extrae/agrega una libra de agua para aumentar/disminuir su temperatura 1°F.
Calor	Forma de energía que es transferida de un cuerpo a otro debido a una diferencia de temperatura.

Calor latente	Cambio de entalpía de una sustancia, debido a cuando el calor agregado o removido de una sustancia resulta en un cambio de estado a temperatura constante.
Calor sensible	Cambio de entalpía de una sustancia, debido al calor agregado o extraído de una sustancia, resultando en un cambio de temperatura y ningún cambio de estado.
Cimentación	Proceso por medio del cual se realizan las bases de la máquina.
Confort	Aquello que produce bienestar y comodidad.
Convección	Transporte en un fluido de una magnitud física, como masa, electricidad o calor, por desplazamiento de sus moléculas debido a diferencias de densidad.
dB(A)	Curva de igual sonoridad para el oído humano, obtenido por el filtro A.
Disolvente	Sustancia que permítela dispersión de otra.
Ductería	Conductos distribuidos con el objetivo de distribuir el aire acondicionado.
Elastómero	Materia natural o artificial que, como el caucho, tiene gran elasticidad.

Entalpía	Energía almacenada por la temperatura y la presión.
Entropía	Magnitud termodinámica que mide la parte no utilizable de la energía contenida en un sistema.
Flipón	Dispositivo que corta automáticamente la corriente eléctrica cuando esta sobrepasa una determinada intensidad.
Grado Fahrenheit	Unidad de temperatura que asigna el valor 32 al punto de congelación del agua y el valor 212 al de ebullición.
Grado Celsius	Unidad de temperatura que equivale a la centésima parte de la diferencia entre los puntos de congelación y ebullición del agua, a la presión normal.
IASD	Iglesia Adventista del Séptimo Día.
Isoentrópicamente	Proceso que se realiza a entropía constante.
Lindero	Que linda o limita con otra cosa.
Línea de gas caliente	También llamada línea de descarga, es el conducto de refrigerante que sale del compresor.
Línea de succión	Tubería que lleva el refrigerante desde el evaporador al compresor.

Minisplit	Equipo de A/C, que consiste de dos partes: evaporadora y condensadora, similar al <i>split</i> , la diferencia son sus dimensiones, capacidad de climatizado, y la robustez lo cual es menor.
Producción más limpia	Estrategia ambiental preventiva integrada aplicada a los procesos, productos y servicios a fin de aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente.
Recinto	Espacio comprendido dentro de ciertos límites.
Refrigerante	Fluido que se utiliza para producir un efecto de enfriamiento.
R-22	Refrigerante perteneciente al grupo de los hidrocloroflourocarbonos, los cuales dejaran de utilizarse en un cien por ciento en el año 2040.
R-410A	Refrigerante perteneciente al grupo de los hidrofouorocarbono, los cuales son considerados definitivos por no poseer cloro el cual daña la capa de ozono.

Síndrome del edificio enfermo

Conjunto de enfermedades originadas o estimuladas por la contaminación del aire en estos espacios cerrados que produce, en al menos 20 por ciento de los ocupantes, un conjunto de síntomas tales como: sequedad e irritación de las vías respiratorias, piel y ojos, dolor de cabeza, fatiga mental, resfriados persistentes e hipersensibilidades inespecíficas, sin que sus causas estén perfectamente definidas.

Temperatura de bulbo húmedo

Temperatura tomada por un termómetro, cuyo bulbo se ha encamisado con una mecha humedecida en agua.

Temperatura de bulbo seco

Temperatura tomada por un termómetro situado en el seno del aire húmedo, generalmente se conoce como temperatura ambiente.

Temporizador

Sistema de control de tiempo que se utiliza para abrir o cerrar un circuito en uno o más momentos determinados, y que conectado a un dispositivo lo pone en acción.

Termográficas

Espectro de frecuencia a niveles de onda no detectables para el ojo humano.

Thinner

Mezcla de disolventes de naturaleza orgánica derivados del petróleo.

Tonelada de refrigeración

Unidad que mide la cantidad de energía térmica, el cual equivale a 12,000 BTU.

Torquímetro

Herramienta manual que se utiliza para ajustar el par de apriete de elementos roscados.

Vapor saturado

Estado que se presenta a presión y temperatura en las cuales el gas y el líquido pueden coexistir juntos.

Vapor sobrecalentado

Vapor de mayor temperatura y menor densidad que el vapor saturado a una misma presión.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se detalla el proceso de instalación de un sistema de aire acondicionado, en donde se propuso el equipo adecuado a las necesidades del recinto, considerando las fuentes de calor y el espacio limitado del edificio, con el fin de brindar un ambiente confortable a los asistentes de las reuniones del auditorium de la Iglesia Adventista del Séptimo Día de ciudad San Cristóbal, Mixco, Guatemala.

Se han propuesto dos tipos de equipos de A/C de los cuales difiere el tipo de refrigerante utilizado, debido a que algunos refrigerantes han sido descontinuados por el daño que estos causan al medio ambiente.

Además se establecieron actividades de mantenimiento con el objetivo de evitar fallas de los equipos, asimismo controlar el refrigerante utilizado, con el objetivo de tener diagnósticos de fugas y la eliminación de las mismas.

Se realizó el Estudio de Impacto Ambiental, donde se consideró el impacto directo e indirecto causados por el uso de los equipos, adicional a esto se plantearon medidas de mitigación.

OBJETIVOS

General

Diseño y cálculo del equipo de acondicionamiento ambiental y su montaje en la Iglesia Adventista del Séptimo Día de ciudad San Cristóbal

Específicos

1. Aprovechar los recursos, espacio, materiales y monetarios para seleccionar la mejor alternativa.
2. Obtener la mayor eficiencia eléctrica, durante el funcionamiento del equipos de A/C.
3. Definir un programa de mantenimiento con el fin de asegurar el buen funcionamiento del equipo de A/C y la reducción de fallas del mismo.
4. Determinar el impacto ambiental generado por la operación del equipo de A/C, adicionalmente plantear medidas de mitigación del mismo.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el cambio climático afecta a toda la población mundial, adicionalmente la contaminación causada por las faenas cotidianas son las causantes principales de la falta de pureza del aire, lo cual provoca daños a la salud. Debido a lo anterior se ha desarrollado el presente trabajo de investigación, el cual pertenece a producción más limpia en tecnología ambiental.

Para la determinación del equipo a instalar se tomó en cuenta la temperatura del lugar, la ventilación, iluminación, equipos eléctricos utilizados, cantidad de personas que se reúnen simultáneamente, tipo de estructura, con el fin de calcular la carga de refrigeración necesaria.

Se propusieron 2 alternativas para la realización del proyecto, de las cuales se realizó el análisis financiero, donde se consideraron los costos directos e indirectos, con el fin de calcular la mejor alternativa y determinar en cuánto tiempo se recupera la diferencia en ambas, respecto a la inversión inicial.

Se desarrolló un programa de mantenimiento preventivo y correctivo con el fin de optimizar el funcionamiento del equipo de A/C, dentro del cual se incluyen medidas de mitigación de impacto ambiental. Las cuales serán registradas de acuerdo a las fichas de control constituidas.

Se realizó el Estudio de Impacto Ambiental con el fin de determinar los daños que causa el uso de este tipo de equipos al medio ambiente, esto se debe a la utilización de refrigerante y el consumo eléctrico, los índices analizados

fueron PAO, PCG, eficiencia eléctrica, asimismo se tomo en cuenta la contaminación auditiva y visual causada por el funcionamiento e instalación de los equipos.

1. GENERALIDADES DE EMPRESA PROVEEDORA DEL EQUIPO DE AIRE ACODICIONADO

En la actualidad, la demanda de sistemas de acondicionamiento ambiental ha aumentado debido a los cambios drásticos del clima a nivel mundial, siendo necesario satisfacer las expectativas del cliente por medio de servicios y productos de calidad, esta ventaja competitiva permite a la empresa Aire Uno diferenciarse dentro del mercado.

1.1. Empresa

Aire Uno fue fundada en el 2005, con el propósito de satisfacer la demanda de productos y servicios de calidad de aire acondicionado, refrigeración y ventilación para la industria.

Las instalaciones se encuentran ubicadas en el Anillo Periférico 18-37 zona 11, ciudad de Guatemala, en donde se encuentra la sala de ventas, bodega y taller de mantenimiento. Contando con infraestructura y herramientas de avanzada y mano de obra calificada, permitiendo ofrecer a los clientes un buen soporte de sus marcas representadas, así como asesoría técnica.

Figura 1. **Ubicación de empresa Aire Uno**



Fuente: Google Maps. [Consulta: 1 de diciembre de 2014].

1.1.1. Misión

Proveer: equipos, accesorios, materiales, herramientas y servicios utilizados en la industria de aire acondicionado, refrigeración, ventilación y otras conexas de alta calidad y eficiencia, que permitan solventar las necesidades de nuestros clientes.

1.1.2. Visión

Ser la empresa líder de aire acondicionado, refrigeración y ventilación a nivel nacional, por la calidad de sus servicios y productos siendo contendiente al proveer precios competitivos en el mercado.

1.1.3. Políticas

Satisfacción al cliente y colaboradores, a través de relaciones directas, fluidas y duraderas observando respeto y equidad.

1.1.4. Filosofía

- Valores como la integridad, honradez y lealtad son primordiales en esta organización, tanto en el trato con clientes como colaboradores.
- La simplicidad y fluidez en nuestros procedimientos y operatividad son una característica importante para facilitar los negocios con nuestros clientes.
- Conservando un espíritu de servicio para satisfacer las expectativas de clientes y colaboradores.
- Reconocimiento y compromiso con nuestros colaboradores, para impulsarlos en su crecimiento personal y educacional.
- La seguridad industrial y cuidado del medio ambiente es observada, impulsando productos de bajo impacto ambiental, asimismo la salud y seguridad de las personas.

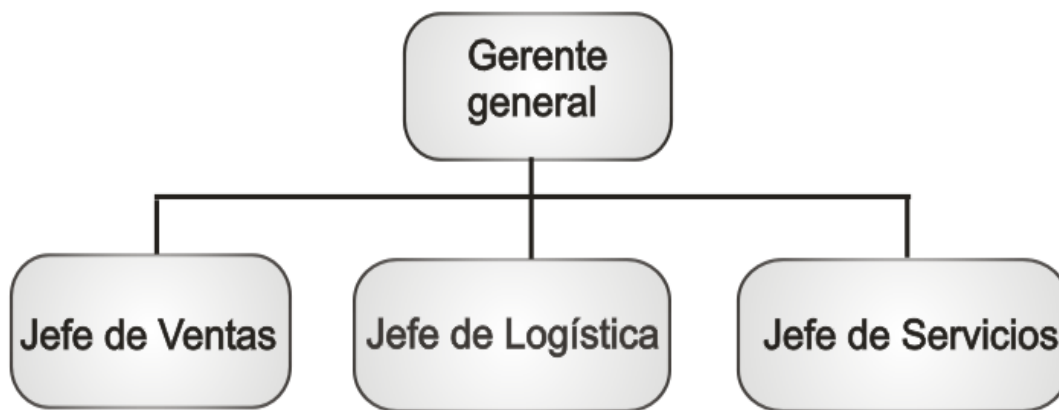
1.2. Estructura organizacional

Aire Uno cuenta con una estructura organizacional basada en la departamentalización, donde la toma de decisiones está establecida a través de la jerarquización, ya que el gerente general es quien encabeza la administración de la empresa, seguidamente se encuentran los jefes de los distintos departamentos de la empresa.

1.2.1. Organigrama

La organización de Aire Uno la encabeza el gerente general, seguidamente las jefaturas de los departamentos de Ventas, Logística y Servicios, quienes juntos desarrollan las actividades de la empresa.

Figura 2. Organigrama de empresa Aire Uno



Fuente: elaboración propia, con datos de empresa.

1.3. Productos

La empresa ofrece una amplia variedad de productos, desde pequeños artículos, accesorios eléctricos y mecánicos, refrigerantes, aceites y limpiadores, hasta grandes y complejos equipos de aire acondicionado y refrigeración.

1.3.1. Aire acondicionado

Las marcas que provee son reconocidas a nivel mundial, de las cuales se pueden mencionar las siguientes: Tempstar perteneciente a Carrier Internacional, la cual es líder en el mercado estadounidense, AirOne marca privada fabricada en China, Everwell, TGM, Climatemaster, entre otras, siendo estos equipos de acondicionamiento ambiental de alta calidad.

Los tipos de equipos y sistemas de aire acondicionado que ofrece son: tipo ventana, *minisplit*, central con *chiller*, tipo central con paquete y *split*.

Figura 3. Equipos y sistemas de A/C ofrecidos por la empresa



Fuente: pagina web Aire Uno <http://www.aireuno.com/aireacondicionado.html>. [Consulta: 10 de diciembre de 2014].

1.3.2. Refrigeración

La empresa ofrece componentes para refrigeradores domésticos y cuartos fríos, entre los cuales se encuentran los siguientes: compresores Copeland, evaporadores, condensadores e intercambiadores de placas, concha y tubo.

Las marcas con las que trabaja son: Flatplate, Standard, Krack; las cuales son empresas estadounidenses que proveen productos para refrigeración de alta calidad.

1.3.3. Ventilación

Provee equipos de ventilación industrial y domiciliar de distintas velocidades, los tipos de ventiladores que ofrecen son murales y de chorro. Los cuales brindan un flujo continuo de aire.

Además de los productos anteriormente mencionados, la empresa ofrece: herramientas mecánicas, eléctricas y equipos de seguridad industrial.

1.4. Servicios

Ofrece una gran variedad de servicios, los cuales están basados en las diversas necesidades y expectativas del cliente, y estos son realizados por personal calificado. Asimismo, se enfoca en complementar a sus clientes en la resolución de garantías, solución de fallas que rebasan los conocimientos del cliente o requieren asistencia de información del fabricante.

1.4.1. Instalación de proyectos

Debido a las diversas características que presentan los proyectos, como las instalaciones, capacidades de refrigeración, entre otros, el Departamento de Servicios está constituido por un equipo especializado de: ingenieros, técnicos en refrigeración y aire acondicionado, electricistas, herreros y hojalateros con el fin de brindar apoyo a los clientes.

1.4.2. Mantenimiento preventivo

Son actividades que se realizan de manera periódica con el fin de reducir las fallas en los sistemas y equipos de aire acondicionado, los cuales dependerán del uso y del lugar donde se encuentren instalados.

La empresa provee planes de mantenimiento, determinados con base en las distintas características de los proyectos. Además provee asistencia a contratistas asesorándolos y apoyándolos.

1.4.3. Mantenimiento correctivo

Debido al desgaste, fallas inesperadas y reemplazo necesario de accesorios de los equipos de aire acondicionado, ocasionados por el funcionamiento, es indispensable realizar actividades de mantenimiento correctivo. Además, la empresa tiene la capacidad de proveer accesorios y repuestos difíciles de encontrar en el país, gracias a la variedad de su *stock* y proveedores.

1.4.4. Capacitación

La organización ofrece capacitaciones en forma esporádica con temas referentes al aire acondicionado, refrigeración y seguridad industrial. Asimismo, ofrece soporte y asesoría técnica a las empresas que requieran este servicio.

1.5. Aire acondicionado

“Acondicionamiento de aire es el proceso de tratamiento del aire atmosférico que coordina cinco factores que le son propios, sumando el nivel sonoro, para que el ocupante de un ambiente acondicionado se encuentre acogido confortablemente”¹.

Los agentes a combinar son:

- Temperatura (calefacción o refrigeración).
- Grado de humedad (humidificación o deshumidificación).
- Velocidad del aire (movimiento y circulación).
- Limpieza del aire (filtrado).
- Ventilación (renovación del aire).

1.5.1. Componentes básicos de un equipo de aire acondicionado

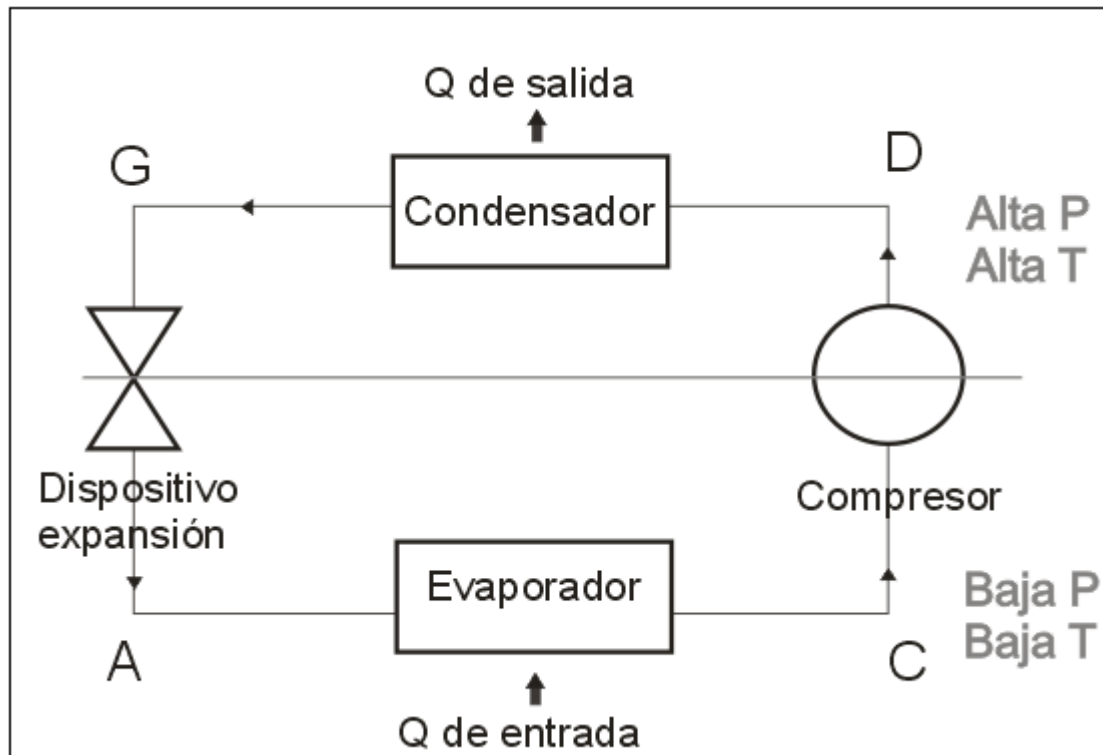
- Compresor: tiene como actividad la compresión del refrigerante gaseoso a baja presión, que procede del evaporador, disminuye su volumen y

¹CARNICER ROYO, Enrique. *Aire acondicionado*. p. 43.

aumenta su temperatura, hasta una presión superior para que pueda ser condensado.

- Evaporador: tiene la función de sustraer el calor sensible y latente del aire aspirado, y consiste en un intercambiador de calor entre el refrigerante y el aire. El evaporador toma calor de su entorno y lo transfiere al refrigerante en el cual se convierte en calor latente de vaporización.
- Condensador: es un cambiador de calor dispuesto para pasar al estado líquido un refrigerante gaseoso comprimido, por cesión de calor a un medio distinto del fluido circulado. En otras palabras, en lugar de absorber calor del aire del ambiente, lo dispersa en la atmósfera que le rodea.
- Válvula de expansión: dispositivo que permite y regula el paso del refrigerante líquido desde un estado de presión alto a otro bajo. Situada a la salida del depósito acumulador y, al cruzar la válvula, por el orificio de unión se alimenta el evaporador.

Figura 4. Componentes básicos de un equipo de A/C

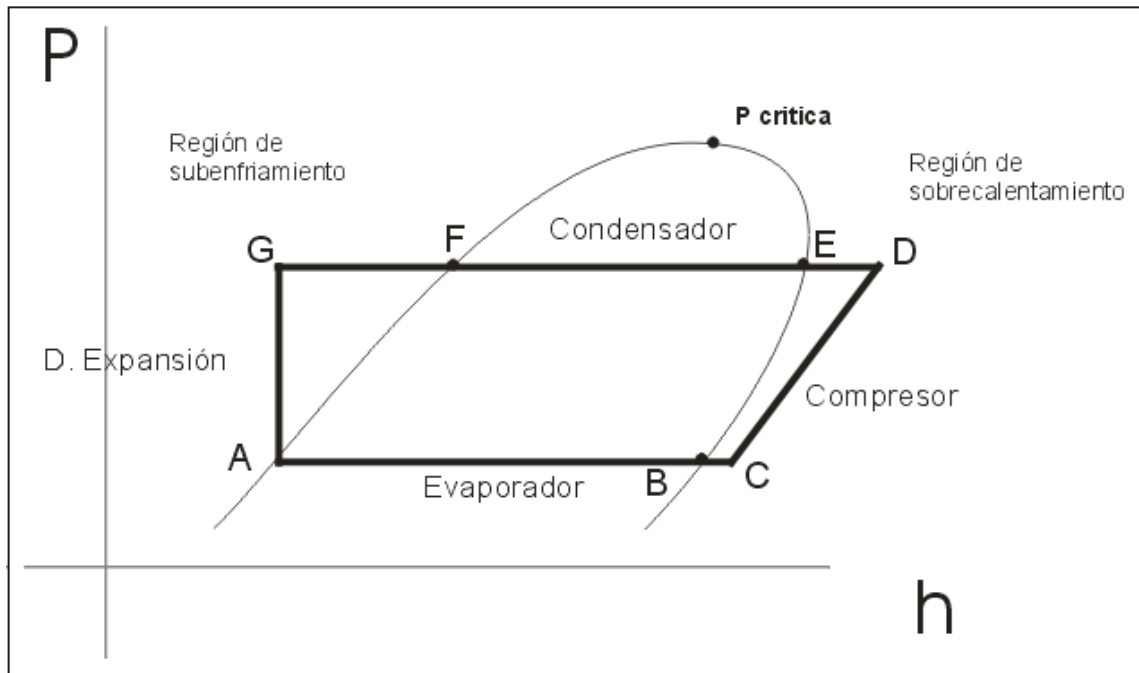


Fuente: elaboración propia.

1.5.2. Diagrama de Mollier

Es la representación gráfica de los estados que llega a tener el refrigerante en los distintos puntos de equipo de A/C, permite observar los distintos cambios de presión y entalpía en el ciclo de refrigeración.

Figura 5. Diagrama de Mollier (entalpía versus presión)



Fuente: elaboración propia.

- En el estado C el refrigerante se encuentra como vapor saturado el cual es comprimido isoentrópicamente hasta llegar a vapor sobrecalentado al estado D.
- El refrigerante ingresa al condensador, donde elimina el calor a presión constante, cambia de estado a líquido saturado en estado G.
- En la válvula de expansión, se expande adiabáticamente hasta al estado A.
- En el estado A el refrigerante es una mezcla húmeda de baja calidad, pasa al evaporador a presión constante, de donde sale como vapor sobrecalentado.

1.5.3. Características de equipos *minisplit*

Estos equipos de A/C poseen diferentes características, que son el diseño, refrigerante, circuito electrónico, acondicionamiento, las cuales se puntualizarán a continuación.

- Diseño

En la unidad interior, la diferencia radica en la forma de instalación, la de pared alta (*High wall*), se le conoce así porque el evaporador se coloca en la parte más alta de la pared, el cual no puede ir pegado al techo debido a que succiona el aire por la parte superior, y por la inferior inyecta el aire acondicionado, razón por la cual debe ser colocado a la altura recomendada por el fabricante, para que el funcionamiento del equipo sea óptimo.

Figura 6. Evaporador pared alta



Fuente: <http://www.airetec.com.gt/?PAGE=7>. [Consulta: 10 de diciembre de 2014].

Evaporador piso-techo permite acoplar la posición para alcanzar puntos específicos que se requieran en la distribución de aire, está diseñado para instalarse horizontalmente en el techo, también puede instalarse en la parte baja de la pared, recargado en el suelo verticalmente.

Figura 7. **Evaporador piso-techo**

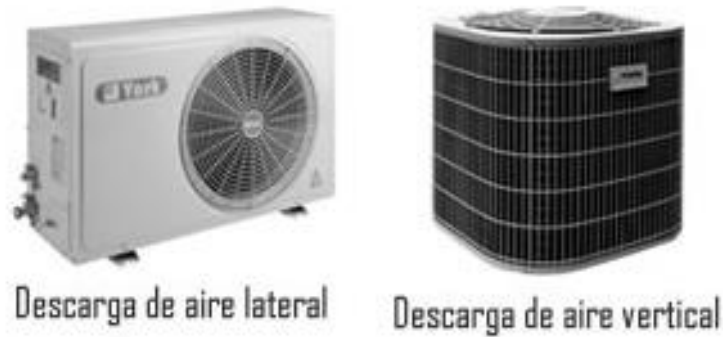


Fuente: http://www.montermic.cl/images/midea-cielo_piso.jpg. [Consulta: 10 de diciembre de 2014].

En la unidad interior la diferencia está en la dirección que toma el aire caliente expulsado por la unidad el cual puede ser lateral o vertical, esto es muy importante a considerar, ya que debe evitarse obstruir la salida de aire para impedir que el equipo de A/C sufra daños.

Las diferencias en la unidad exterior también llamada condensadora, radica en la dirección en que esta expulsa el aire que extrae del interior del recinto, la cual puede ser vertical u horizontal, deben tomarse en cuenta los espacios determinados por el fabricante, con el fin de evitar que el aire caliente regrese a la unidad, causando un sobrecalentamiento, perjudicando el buen funcionamiento del equipo.

Figura 8. Tipos de condensador



Fuente: <http://www.quecalor.com/aire-acondicionado-minisplit.php> [Consulta: 10 de diciembre de 2014].

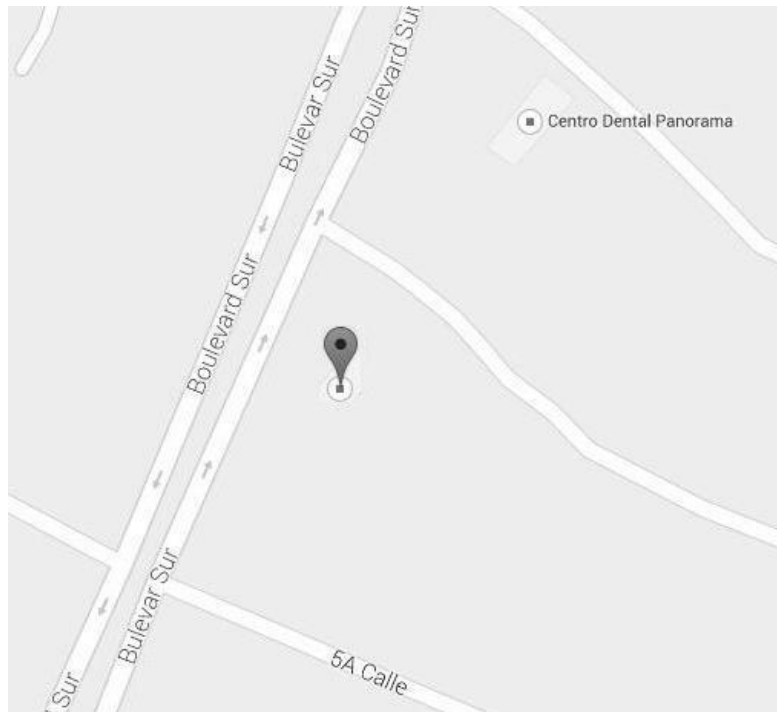
- Refrigerante: En los últimos años se ha utilizado en equipos de A/C y refrigeración el refrigerante R-22, el cual está siendo reemplazado por el R-410A debido a que el primero, por su contenido de cloro, es altamente perjudicial para la capa de ozono, el cual ha sido desplazado gradualmente y en el 2040 dejará de utilizarse.
- Circuito electrónico: Los equipos *minisplit* generalmente son controlados por una sola tarjeta electrónica básica, al momento de aumentar la temperatura dentro del recinto el equipo empieza a funcionar al 100 por ciento por ciento de su capacidad, esto genera grandes consumos de electricidad, actualmente se ha desarrollado la tecnología Inverter la cual consiste en que el equipo es controlado por varias tarjetas, que controlan los elementos de forma individual, logrando variar la frecuencia eléctrica y con esto la velocidad de los ventiladores y del compresor, evitando que el equipo utilice su capacidad máxima la mayoría de tiempo, consecuente a esto se tiene menos consumo eléctrico.

- Acondicionamiento: hay equipos que solamente entregan refrigeración debido a que se basan en el ciclo de refrigeración, algunos equipos funcionan con base en el ciclo reversible (*heat pump*), estos contienen accesorios adicionales con los cuales, además de entregar refrigeración, entregan calefacción, esto permite que puedan ser utilizados durante todo el año.

2. SITUACIÓN ACTUAL EN EL AUDITÓRIUM

El auditorium donde se requiere la instalación del sistema de acondicionamiento ambiental, pertenece a las instalaciones de la Iglesia Adventista la cual se encuentra ubicada en 6a ave. 4-53, boulevard sur, ciudad San Cristóbal, zona 8 de Mixco.

Figura 9. **Ubicación de la IASD de ciudad San Cristóbal**



Fuente: Google maps. [Consulta: 15 de diciembre de 2014].

2.1. Condiciones ambientales

Para el diseño del sistema de acondicionamiento ambiental deben considerarse la temperatura y la humedad del lugar, en el 2013 en la ciudad capital se tuvo una temperatura promedio máxima anual de 25,9 °C según datos del INSIVUMEH a continuación, en la tabla I se presentan datos estadísticos climáticos del 2013.

Tabla I. **Datos estadísticos climáticos de la ciudad de Guatemala**

DATOS ESTADISTICOS DEL INSIVUMEH AÑO 2013					HUMEDAD RELATIVA
	TEMPERATURAS °F				
	PROMEDIO		ABSOLUTAS		
MES	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	%
ENERO	13,6	25,3	10,1	27,8	72
FEBRERO	13,8	26,4	10,5	28,8	72
MARZO	13,3	26,5	8,2	30,6	70
ABRIL	16,1	28,0	14,7	32,0	72
MAYO	16,4	26,7	14,4	30,6	75
JUNIO	16,9	26,3	14,7	28,2	78
JULIO	16,3	25,8	15,2	27,4	78
AGOSTO	16,3	26,0	15,1	29,2	83
SEPTIEMBRE	16,0	25,2	14,4	28,5	86
OCTUBRE	16,3	25,8	15,2	28,4	81
NOVIEMBRE	15,0	25,1	10,6	27,6	76
DICIEMBRE	14,3	24,0	10,2	26,5	76
PROMEDIO	15,4	25,9	8,2	32	77

Fuente: elaboración propia, con información pagina web INSIVUMEH.

El municipio de Mixco se encuentra ubicado al oeste de la ciudad capital. “este municipio registra alturas que van 1 400 hasta 2 045 metros sobre el nivel

del mar. La cabecera municipal está situada a 1 739 metros de altura sobre el nivel del mar”².

La ciudad capital tiene una temperatura de bulbo seco es de 89 °F y la de bulbo húmedo es de 68 °F datos proporcionados por Grupo ECA Electromecánica.

2.2. Dimensiones

Para la selección del equipo de A/C debe de calcularse la carga de refrigeración: “es la tasa a la que la energía debe ser removida del espacio acondicionado para mantener la temperatura y la humedad establecidas en los valores de diseño”³. Para el cálculo del mismo deben considerarse todos los factores de ganancia de calor.

Para la realización del cálculo se utilizó la tabla proporcionada por Carrier Internacional, la cual proporciona los factores a emplear, los cuales dependen de las características de las distintas fuentes de calor que tiene el recinto a acondicionar. Se tomaron los correspondientes a una temperatura exterior de 90 °F, dicha tabla se encuentra en la sección de anexos del presente documento.

En el auditorium, el cual tiene una superficie de 111,17 m², la estructura del edificio es de concreto, el techo de lámina de zinc de 2 aguas, el cual internamente está cubierto con machihembrado de madera. Es importante mencionar que debido al recubrimiento interno del techo que la estructura

²HERNÁNDEZ DE SOSA, Dora Ninette, *Actualización de la monografía del municipio de Mixco, del departamento de Guatemala*. p. 37.

³ MCQUINSTON, Faye C; et al. *Calefacción, ventilación y aire acondicionado*. p. 215.

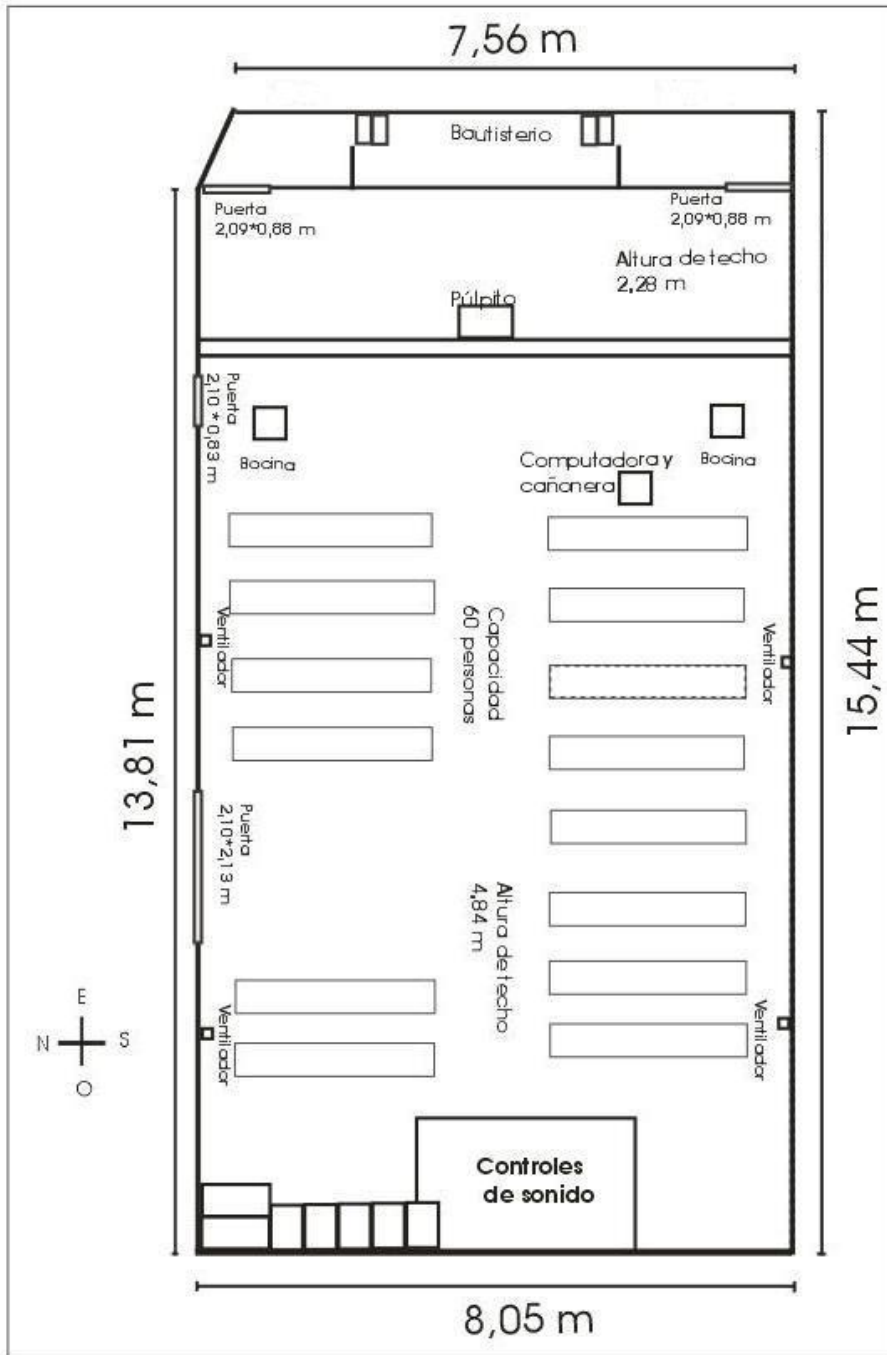
posee, no proporciona espacio para instalar un sistema de ductería, para la distribución del aire acondicionado en el recinto.

Figura 10. **Auditórium**



Fuente: Iglesia Adventista de ciudad San Cristóbal, Mixco.

Figura 11. Plano del auditorium



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD 2008.

2.3. Fuentes de calor

Dentro del recinto a acondicionar se encuentran varias fuentes de calor que se localizan dentro y fuera de este, generalmente las fuentes internas son las que incrementan, significativamente, la carga de refrigeración.

2.3.1. Fuentes de calor internas

Transmiten energía por convección de manera directa al aire que circula dentro del lugar, estas son las luces, equipos eléctricos y las personas, los cuales se calcularán a continuación.

2.3.1.1. Ocupantes y actividad

La ganancia de calor a causa de los ocupantes se compone de: calor sensible y calor latente, el calor total y las proporciones de estos varían dependiendo de la actividad de las personas.

El número de personas, generalmente reunidas dentro del auditorium es de 60, de las cuales el grado de actividad establecido es: sentadas descansando, en la tabla II se consulta la aplicación típica, la cual es teatro/tarde para este caso, donde la ganancia de calor total por cada persona es de 350 BTU/h.

Tabla II. **Tasas de ganancia de calor por persona**

Grado de actividad	Aplicación típica	Calor total BTU/h	Calor sensible BTU/h	Calor latente BTU/h
Sentadas descansando	Teatro/matiné, salón de clase, escuela	330	220	110
Sentadas descansando	Teatro/tarde	350	245	105
Sentadas, trabajo liviano	Oficina, hotel, salón de clase/secundaria	400	245	155
Trabajo oficina, moderadamente activo	Oficina, hotel, salón de clase/universidad	450	250	200
De pie, trabajo liviano camina lentamente	Droguería banco	500	250	250
Trabajo sedentario	Restaurante	550	275	275
Trabajo banco liviano	Factoría	750	275	475
Baile moderado	Pista de baile	850	305	545
Caminando a 3 MPH trabajo moderadamente pesado	Factoría	1 000	375	625
Bolos trabajo pesado	Pista de bolo factoría	1 450	580	870

Fuente: MCQUINSTON, Faye C; et al. *Calefacción, ventilación y aire acondicionado*. p. 233.

Ganancia total de calor: No. personas x calor total individual

Ganancia total de calor por ocupantes = 350x60=21 000 BTU/h

2.3.1.2. Equipo eléctrico

Como anteriormente se mencionó, los equipos eléctricos aumentan la carga de refrigeración necesaria para el acondicionamiento del auditorium, esto se debe a la energía eléctrica consumida, la cual es transmitida al ambiente. En la tabla III se contabilizan los equipos eléctricos utilizados en el auditorium además de la potencia consumida.

Tabla III. **Equipo eléctrico**

Cantidad	Descripción	Potencia (W)	Potencia total (W)
1	Consola de sonido	800	800
1	Proyector	270	270
1	Laptop	47	47
2	Bocinas	350	700
Total			1817

Fuente: elaboración propia, placa de equipos.

2.3.1.3. Iluminación

De la misma manera que los equipos eléctricos, las lámparas aumentan el calor, debido a la energía que estos consumen, transmitiéndolo por convección al ambiente, registradas en la tabla IV a continuación:

Tabla IV. **Iluminación**

Cantidad	Descripción	Potencia (W)	Potencia total (W)
3	Bombillas	75	225
32	Lámparas de neón	40	1280
		Total	1505

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de la ganancia de calor generada por el equipo eléctrico e iluminación se multiplica por el factor de 3,4 según tablas de Carrier Internacional.

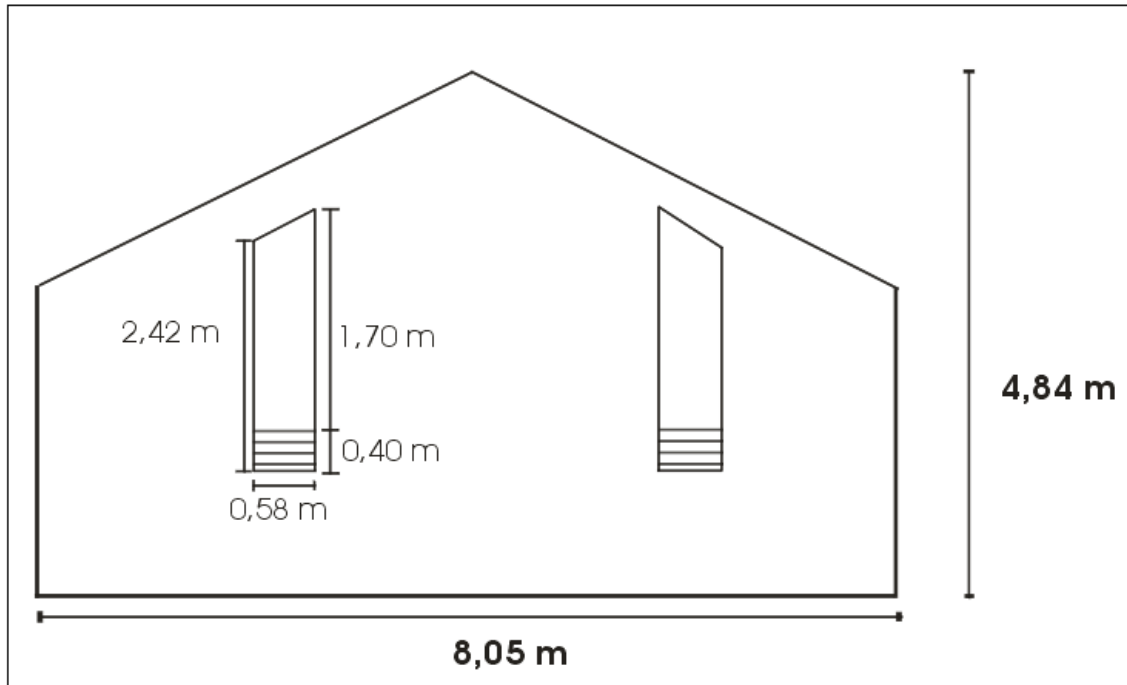
Ganancia total de calor= (Q equipo eléctrico + Q iluminación) x factor

Ganancia total de calor = (1 817+ 1 505) W= 3 319 W x 3,4= 11 281,20BTU/h

2.3.2. Fuentes de calor externas

Se contabilizará la ganancia de calor aportada por la estructura del edificio y el techo, los cuales al estar expuestos al medio ambiente transmiten calor debido a la radiación solar.

Figura 12. **Plano de elevación del auditorium**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa AutoCAD 2008.

2.3.2.1. Paredes expuestas al sol

La pared oeste del edificio está expuesta directamente al sol, debido a que no se encuentra ninguna estructura adyacente a esta, generando ganancia de calor por radiación. Asimismo, deben considerarse las paredes faltantes de la estructura.

- Cálculo de ganancia de calor por pared expuesta al sol

Ganancia de total de calor = longitud x factor

Ganancia total de calor= 26,40 p x 60 = 1 584 BTU/h

- Cálculo de ganancia de calor por paredes exteriores

Ganancia de total de calor = longitud de paredes x factor

Ganancia total de calor= $(26,40 \text{ p} + 45,30 \text{ p} \times 2) \times 25 = 2\,925 \text{ BTU/h}$

2.3.2.2. Ventanas expuestas al sol

Las dos ventanas expuestas al sol tienen un área total de $25,68 \text{ p}^2$ situadas en la pared oeste. Así también se contabilizaron las ventanas restantes del edificio, debido a que estas transmiten calor por convección.

- Cálculo de ganancia de calor por ventanas expuestas al sol

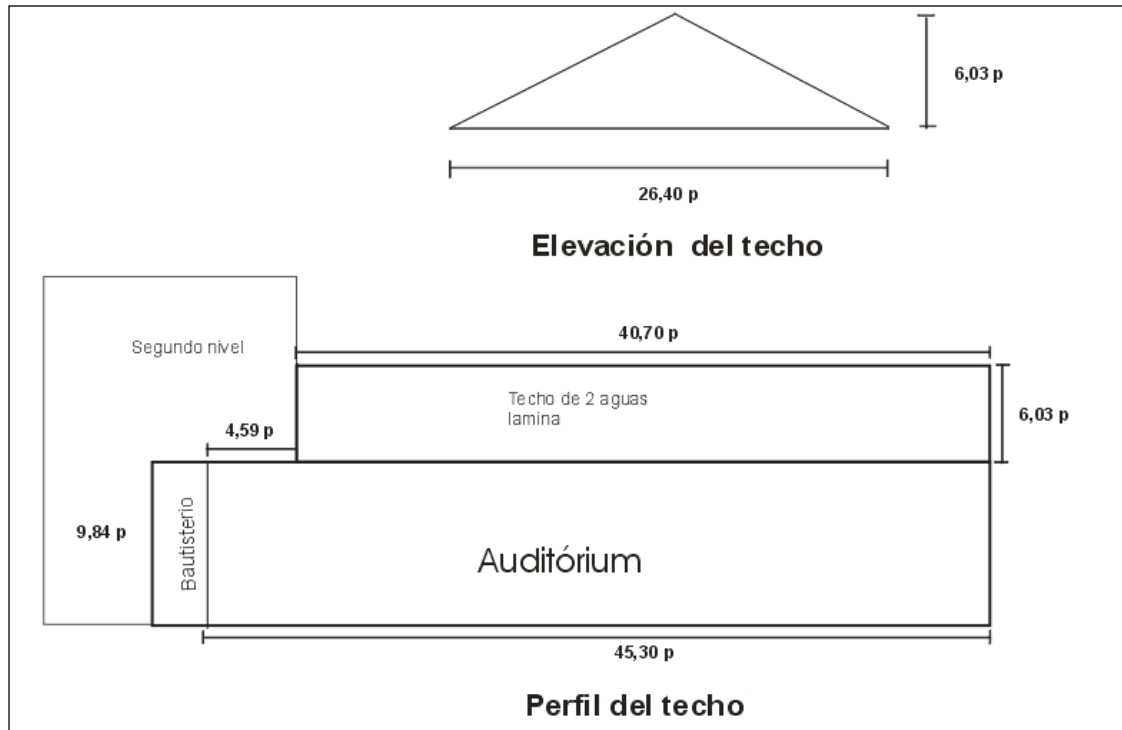
Ganancia de total de calor = área de ventanas x factor (depende de orientación)

Ganancia total de calor= $12,84 \text{ p}^2 \times 2 \times 95 = 2\,440,36 \text{ BTU/h}$

2.3.2.3. Techo

Para calcular la ganancia de calor transmitido por el techo se debe obtener el área en p^2 , seguido a esto se multiplica por el factor correspondiente, el cual se determina con base al tipo de techo que posee el edificio.

Figura 13. **Plano del techo del auditorium**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD 2008.

- Cálculo de ganancia de calor por transmisión de techo

$$\text{Ancho} = (6,03 \text{ p}^2 + 13,20 \text{ p}^2)^{1/2} = 14,51 \text{ p}$$

$$\text{Superficie 1 lado} = (14,51 \text{ p} \times 45,30 \text{ p}) = 657,30 \text{ p}^2$$

$$\text{Superficie total} = 657,30 \text{ p}^2 \times 2 = 1\,314,60 \text{ p}^2$$

$$\text{Ganancia de calor total} = 1\,314,6 \text{ p}^2 \times 8 = 10\,516,85 \text{ BTU/h}$$

2.4. Ventilación actual

El aire del interior de los edificios es un factor de suma importancia para la salud de los ocupantes. Los contaminantes que se encuentran presentes son: dióxido de carbono (CO₂) debido al metabolismo humano, monóxido de carbono (CO), producto de la combustión de los automóviles, partículas suspendidas, entre otros. La Norma 62 de la ASHRAE establece los límites máximos aceptables de contaminantes en el aire que circula dentro del edificio, con el fin de evitar el síndrome del edificio enfermo.

Tabla V. **Valores de referencia según AHSRAE 62**

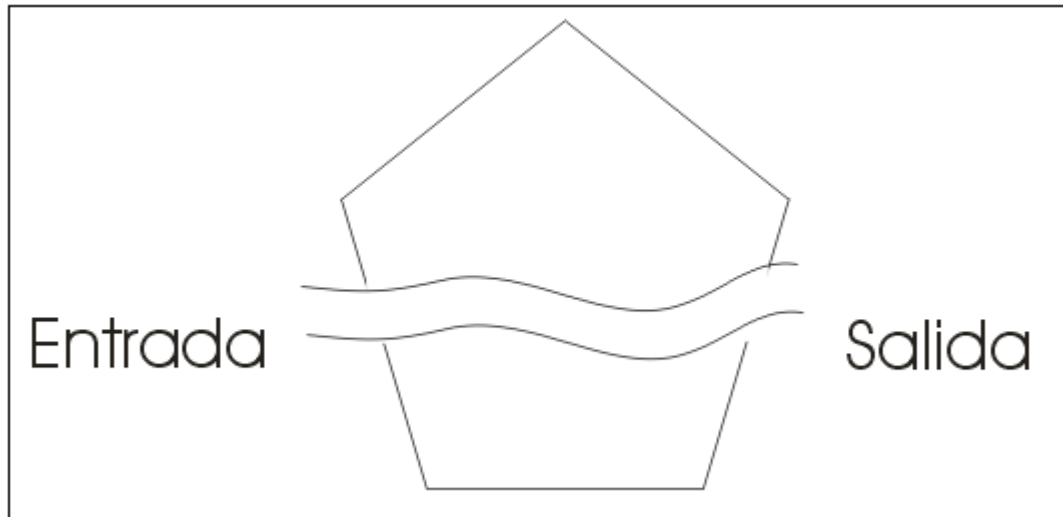
Contaminante químico	Nivel recomendado
CO ₂	700 ppm por encima de cc de CO ₂ en el exterior
Formaldehido	0.1 ppm para 15 min de exposición
CO	9 ppm para 8 horas 35 ppm para 1 hora
Polvo respirable	0.26 mg/m ³ en áreas de no fumadores 0.20-0.26 mg/m ³ en áreas de fumadores
Ozono	0.1 ppm para 8 horas

Fuente: [http://www.seguridadysalud.ibermutuamur.es/IMG/pdf/Calidad del aire interior.pdf](http://www.seguridadysalud.ibermutuamur.es/IMG/pdf/Calidad_del_aire_interior.pdf).

[Consulta: 10 de enero de 2015].

La ventilación del edificio tiene como objetivo sustituir el aire contaminado, por medio de un número determinado de renovaciones por hora, en el diseño de ventilación natural de edificios se recomienda que estos tengan ventanas o aberturas de entrada y salida de aire, tanto longitudinalmente como transversalmente.

Figura 14. **Diseño de ventilación natural en edificios**



Fuente: elaboración propia.

Para un teatro o auditorium se recomienda 3 o 4 renovaciones de aire por hora y un volumen de aire de 50 m³/hora por persona.

Tabla VI. **Renovaciones de aire en edificios**

Renovación del aire en número de veces/hora	
Habitaciones ordinarias	1
Dormitorios	2
Hospitales, enfermedades comunes	3 a 4
Hospitales enfermedades epidémicas	5 a 6
Talleres	3 a 4
Teatros	3 a 4

Fuente: TORRES, Sergio Antonio. *Ingeniería de plantas*. p. 95.

Tabla VII. **Volumen de aire necesario por persona**

Volumen de aire necesario por persona/hora/m³	
Hospitales, salas generales	60
Hospitales, salas de heridos	100
Hospitales, salas de enfermedades	150
Talleres	60
Industrias insalubres	100
Teatros y salas de reunión	50
Escuela de niños	15
Escuela de adultos	30
Estancias ordinarias	10

Fuente: TORRES, Sergio Antonio. *Ingeniería de plantas*. p.95.

2.4.1. Equipos de ventilación

En la actualidad, para mitigar el calor en el auditorium, se han colocado 4 ventiladores de 16 pulgadas marca Ambiance de 3 velocidades, estos aparatos proveen energía cinética al aire a través de la velocidad. Esta acción no es suficiente para contrarrestar el calor y para obtener aire de calidad libre de contaminantes de los cuales el causal es el flujo vehicular de los alrededores y el parqueo anexo al edificio.

Figura 15. **Equipos de ventilación actuales**



Fuente: auditorium ubicado en ciudad San Cristóbal, Mixco.

2.4.2. Puertas abiertas

A través de puertas abiertas se obtiene ganancia de calor por convección, por medio del ingreso del aire. El auditorium posee dos puertas de acceso, de las cuales, normalmente una se mantiene abierta.

- Cálculo de ganancia de calor por puertas abiertas

Ganancia de calor = base de puerta x factor

Ganancia de calor = $7 \text{ p} \times 250 = 1\,750 \text{ BTU7h}$

2.4.3. Ventanas abiertas

Son los medios que permiten la renovación de aire necesario dentro del recinto, el cual no se distribuye adecuadamente debido a que las ventanas no se encuentran distribuidas correctamente, razón que dificulta la renovación de

aire. La velocidad mínima promedio del viento es de 5 Km/h según datos de INSIVUMEH, los cuales pueden ser consultados en los anexos del presente documento.

Tabla VIII. **Ventanas abiertas**

Cantidad	Ancho (m)	Alto (m)
3	1,43	1,15
2	1,44	1

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de ventilación actual del auditorium
 - Cantidad de aire que ingresa (Q) = C x A x V

$$A \text{ ventanas} = 1,15\text{m} \times 1,43 \text{ m} \times 3 + 1\text{m} \times 1,44\text{m} \times 2 = 7,81 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,30 \times 7,81 \text{ m}^2 \times 5\,000 \text{ m/h} = 11\,715 \text{ m}^3/\text{h}$$

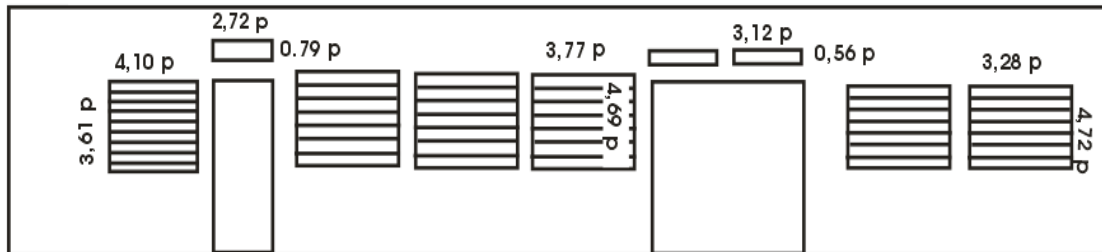
- Caudal necesario para una buena ventilación CA = V x No. de renovaciones/h

$$CA = (8,05 \text{ m} \times 3\text{m} \times 13,81 \text{ m} + \frac{1}{2} (8,05 \text{ m} \times 1,84 \text{ m}) \times 12,41 \text{ m}) \times 4 = 425,42 \text{ m}^3/\text{h}$$

Según el resultado, se puede ver que el caudal de aire que ingresa al edificio es correcto, este no cumple su objetivo debido a que no se cuenta con orificios de salida.

Por medio de las ventanas se tiene ganancia de calor por convección y transmisión, la cual es de menor cantidad al de las ventanas expuestas al sol.

Figura 16. Ventanas de auditorium



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD, 2008.

- Cálculo de ganancia de calor por ventanas

Ganancia de total de calor = área de ventanas x factor

$$\text{Área de ventanas} = (14,801 + 2,15 + 17,68 \times 3 + 1,75 \times 2 + 15,48 \times 2) \text{ p}^2 = 104,45 \text{ p}^2$$

$$\text{Ganancia total de calor} = 104,45 \text{ p}^2 \times 20 = 2\,089,02 \text{ BTU/h}$$

Tabla IX. **Tabla resumen de cálculo de carga de refrigeración**

No.	Categoría	Tamaño	Factor	Carga (BTU/h)	
				QS	QL
1	Ventanas expuestas al sol	28,68 p ²	95	2 440,36	
2	Otras ventanas no incluidas en 1	104,45 p ²	20	2 089,02	
3	Paredes expuestas al sol	26,40 p	60	1 584,00	
3	Paredes exteriores	117 p	25	2 925,00	
4	Paredes interiores				
5	Techo	1 314,6 p ²	8	10 516,85	
6	Personas	60	QS=245 QL=105	14 700	6 300
7	Luces y aparatos eléctricos en funcionamiento	3 319 W	3.4	11 281,20	
8	Puertas que se mantienen normalmente abiertas	7 p	250	1 750	
Carga refrigeración				53 586,43	
Factor de seguridad 20%				10 717,29	
Carga de refrigeración total				64 303,72	

Fuente: elaboración propia.

El factor de seguridad consiste en agregar un 20 por ciento de la carga total de refrigeración, con el fin de proveer el acondicionamiento suficiente, ante el aumento de los distintos factores que en el futuro sean causantes de incremento de la carga de refrigeración necesaria, se necesita un equipo de A/C que provea un valor igual o mayor a la carga necesaria, para este caso es necesario 72 000 BTU/h (6 toneladas de refrigeración).

- Tubería de cobre

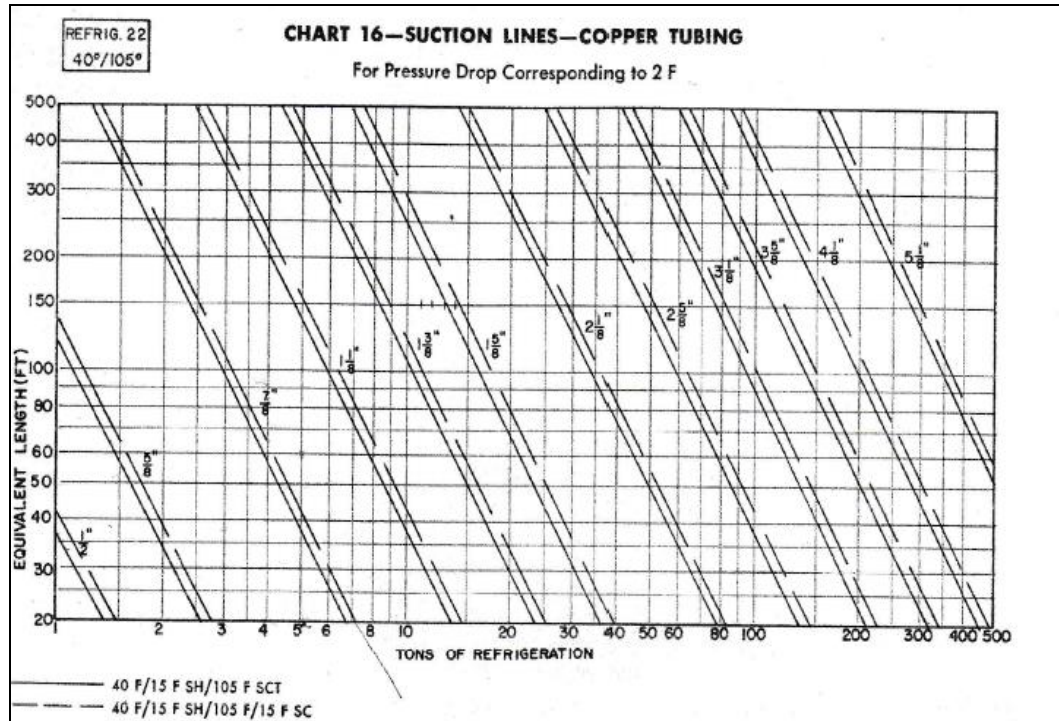
Es el medio que se encarga de conducir el refrigerante entre el evaporador y el condensador, las cuales cumplen ciertas características, estas son:

- Proveer el flujo adecuado de refrigerante.
- Evita caídas de presión al flujo de refrigerante.
- Evita entrada de humedad causante de la producción de ácidos destructores de la misma.
- Resistir a las presiones que se tiene durante el funcionamiento del equipo.
- Hacer la transferencia de calor entre las unidades.

En la instalación debe utilizarse la longitud mínima posible para evitar caídas de presión del refrigerante. Debido a que la longitud de instalación es variable, se generan modificaciones en el diámetro de tubería, el cual debe ser mayor para compensar la caída de presión. Para determinar el diámetro adecuado de la tubería se hace uso del diagrama: toneladas de refrigeración *versus* longitud para refrigerante R-22, el cual puede utilizarse para equipos que usan el sustituto R-410A.

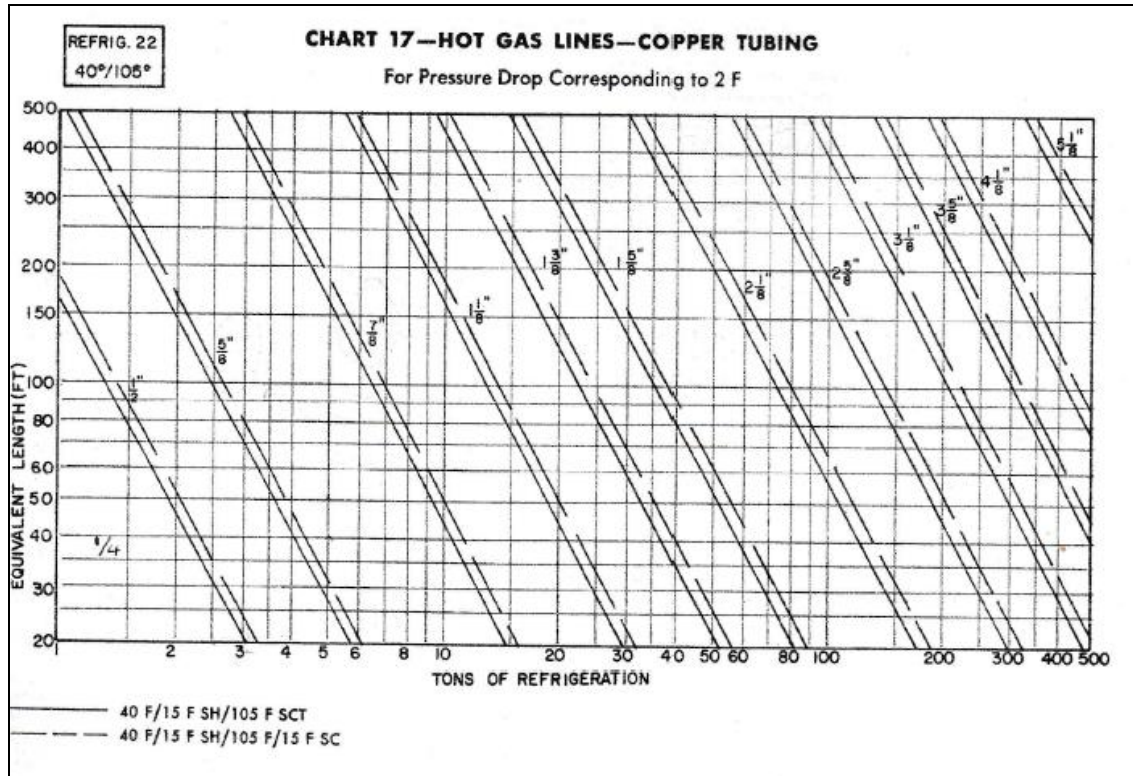
Para la determinación del diámetro se tiene que, la longitud requerida en los equipos es menor a 20 p y la capacidad de refrigeración de cada equipo es de 3 toneladas, según el diagrama, los diámetros respectivos requieren tuberías de de 3/8" línea de succión y 1/2" línea de gas caliente.

Figura 17. Diagrama toneladas de refrigeración versus L. R-22 línea de succión



Fuente: curso de Refrigeración y A/C. USAC.

Figura 18. Diagrama toneladas refrigeración versus L. R-22 línea de gas caliente



Fuente: curso de Refrigeración y A/C. USAC.

2.5. Espacios disponibles para los equipos

Las instalaciones del auditorium tienen poco espacio para la colocación de equipos de aire acondicionado, razón por la cual es importante optimizar este recurso en su colocación.

2.5.1. Espacio para condensador

Las áreas disponibles para la instalación de condensadores son: terraza de concreto con un área de 0,85 m², en la cual se encuentra el depósito de agua que, actualmente está sin uso. Adicional a esta se encuentra la pérgola metálica que cubre el exterior del edificio, con una superficie de 41,16 m², asimismo, pueden colocarse en la pared del lindero, con ayuda de una estructura metálica como base. Estos espacios han sido seleccionados debido a que no obstaculizan el paso de las personas y no se afecta la estética del edificio.

Figura 19. **Terraza de concreto**



Fuente: auditorium, ciudad San Cristóbal, Mixco.

Figura 20. **Pérgola metálica**



Fuente: auditorium, ciudad San Cristóbal, Mixco.

2.5.2. Espacio para evaporador

Los espacios disponibles para la colocación de la parte evaporadora del equipo de aire acondicionado son: la ventana que se encuentra en la parte superior de la puerta ubicada en la pared norte, al lado izquierdo del área de exposiciones.

Figura 21. **Espacio dispuesto para evaporador**



Fuente: auditorium, ciudad San Cristóbal, Mixco.

Igualmente se dispone de la fachada, perteneciente a la plataforma de consola de sonido, la cual tiene un área de 3,28 m² y de las ventanas, estas deben reforzarse con el fin de tener una cimentación adecuada, para evitar vibraciones.

Figura 22. **Fachada de plataforma de consola de sonido**



Fuente: auditorium, ciudad San Cristóbal, Mixco.

2.6. Instalación eléctrica

En las instalaciones del auditorium, la instalación eléctrica provee un diferencial de potencia de 120-240 voltios. Este es adecuado para equipos de A/C debido a que la mayoría utilizan un diferencial de voltaje de 240 voltios para su funcionamiento.

3. PROPUESTA

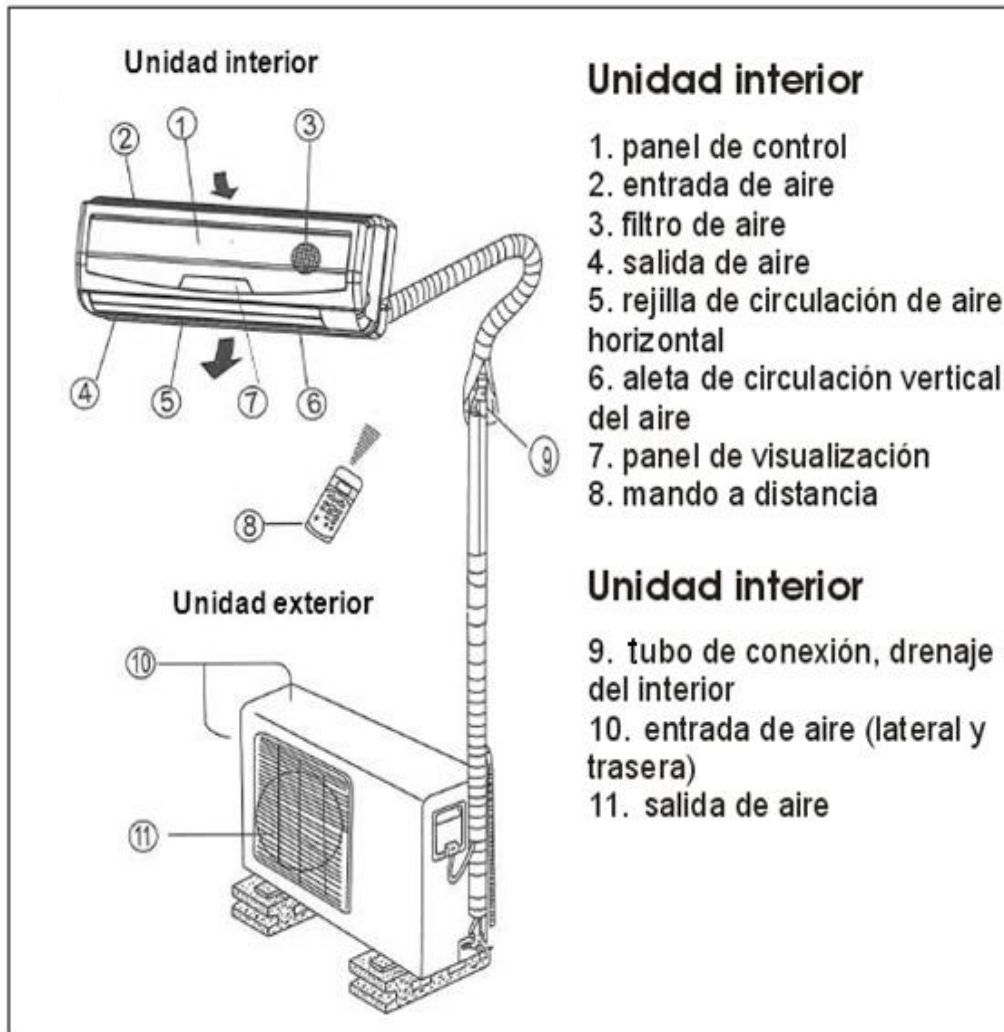
Debido que no se cuenta con espacio para la instalación de un sistema central y de ductos en la distribución del aire acondicionado, se instalarán dos equipos de tipo *minisplit*, el cual tiene pequeñas dimensiones y se compone de dos unidades, una que es colocada en el interior del recinto (evaporadora), y la otra en el exterior (condensadora).

Estos equipos serán colocados en puntos estratégicos, con la finalidad de que el aire acondicionado sea distribuido de manera óptima en el auditorium, así también se evitan costos de rediseño del techo y otros que son consecuentes a instalación de un sistema de ductos.

3.1. Equipos a instalar

Considerando las características del auditorium un techo de dos aguas, esto no permite la instalación de un equipo piso-techo, debido a que se requeriría perforarlo y este no posee una estructura resistente. La opción de instalarlo en la parte baja de la pared es descartada debido a que este se encontraría fácilmente expuesto a la manipulación de niños, presentándose el riesgo de causar accidentes. Por lo que, la mejor opción es instalar dos equipos *minisplit* de pared alta, con capacidades de 36 000 BTU/h cada uno.

Figura 23. Partes de equipo *minisplit*



Fuente: <http://innovair.com/wp-content/uploads/2013/07/INNOVAIR-EV-Vexus-Mini-Splits-User-Manual-1st-Gen.pdf>. [Consulta: 02 de diciembre de 2014].

En el mercado, el costo de los equipos de A/C difiere, esto se debe al refrigerante utilizado, por lo que se presentan en las tablas X y XI dos alternativas para la realización de proyecto, las cuales se detallan a continuación:

- Alternativa 1

Tabla X. **Especificaciones técnicas de alternativa 1 (equipo A/C)**

Equipo <i>minisplit</i> pared alta marca Everwell		
Descripción	Dimensionales	Especificación
Capacidad	Nominal (BTU/ H)	36,000
Relación estacional de eficiencia energética	SEER	10
Datos eléctricos	Voltaje	220 V
Refrigerante	Tipo	R-410A
Evaporador	Largo x ancho x alto (pulg.)	52 x 27 x 8
Condensador	Largo x ancho x alto (pulg.)	30 x 22 x 22

Fuente: cotización empresa Aire Uno.

- Alternativa 2

Tabla XI. **Especificaciones técnicas de alternativa 2 (equipo A/C)**

Equipo <i>minisplit</i> pared alta marca Comfortstar		
Descripción	Dimensionales	Especificación
Capacidad	Nominal (BTU/ H)	36 000
Relación de eficiencia eléctrica	EER	2,48
Datos eléctricos	Voltaje	230 V
Refrigerante	Tipo	R-22
Evaporador	Largo x ancho x alto (pulg.)	49 x 10 x 12.8
Condensador	Largo x ancho x alto (pulg.)	33,3 x 12 x 27,6

Fuente: cotización empresa FrioAire Internacional.

3.1.1. Eficiencia eléctrica

Abarca todas las acciones de mejoramiento que tienen como objetivo minimizar el consumo de energía requerida, manteniendo o mejorando las prestaciones de servicio y calidad de un equipo. Para su registro y control se utilizan indicadores de consumo de energía, los cuales miden el aprovechamiento de la energía en la obtención de un resultado. Un indicador de eficiencia energética es la razón entre un servicio función o valor entregado y la energía convertida para proveerlo. Los indicadores utilizados en los equipos de A/C son los siguientes:

- EER (Relación de eficiencia eléctrica): “Es la relación entre las unidades de energía de enfriamiento, expresada en BTU/h y la potencia instalada

en el sistema en watt para un punto instantáneo de operación. Este coeficiente es mayor a la unidad”⁴.

$$\text{EER} = \text{BTU/h} / \text{watt}$$

- SEER (Relación estacional de eficiencia eléctrica): “Es la cantidad de unidades de BTU de enfriamiento que se generan durante un periodo o estación del año, dividido por el consumo total de energía eléctrica expresado en watt-horas que se ha empleado en igual periodo. Este coeficiente es mayor que la unidad”⁵.

$$\text{SEER} = \text{BTU} / \text{watt-h}$$

- Consumo eléctrico de equipos de A/C
 - Alternativa 1

Relación estacional de eficiencia eléctrica = 10 SEER

Capacidad de refrigeración = 36 000 BTU/h

Periodo de utilización = 5 horas semanales

$$\text{SEER} = \text{BTU} / \text{watt-h}$$

Consumo de 5 horas = watt-h = 180 000 BTU/ 10 SEER = 18 000 watt-h

Consumo por hora = 18 000 watt-h / 5h= 3 600 watt/h

⁴ RUANO DOMINGUEZ, René. *Sistemas de refrigeración—evaluación de la eficiencia integral* http://www.energianow.com/Articulos/sistema_refrigeracion_eficiencia.pdf. [Consulta: 10 de septiembre de 2014].

⁵ *Ibíd.*

Consumo por hora 2 equipos = 3 600 watt/h x 2 =7 200 watt/h

- Alternativa 2

Relación de eficiencia eléctrica = 2,48 EER

Capacidad de refrigeración = 36 000 BTU/h

$$\text{EER} = \text{BTU/watt}$$

Consumo por hora = 36 000 BTU/h / 2,48 = 14 516,13 watt/h

Consumo por hora 2 equipos = 14 516,13 watt/h x 2 = 29 032,26 watt/h

Tabla XII. **Consumo eléctrico de equipos de A/C**

Equipo	Consumo eléctrico (W/h)
Alternativa 1	7 200
Alternativa 2	29 032,26

Fuente: elaboración propia.

Con los datos obtenidos se puede corroborar que la alternativa 1 tiene mayor eficiencia eléctrica, y con base en esto se puede decir que es la mejor alternativa para llevar a cabo el proyecto de instalación de A/C.

3.1.2. Capacidad de enfriamiento

La capacidad de enfriamiento de los dos equipos es de 72 000 BTU/h, e individualmente en 36 000 BTU/h. La capacidad total de enfriamiento es la precisa para el acondicionamiento del ambiente.

Tabla XIII. **Condiciones de diseño de interior de recinto**

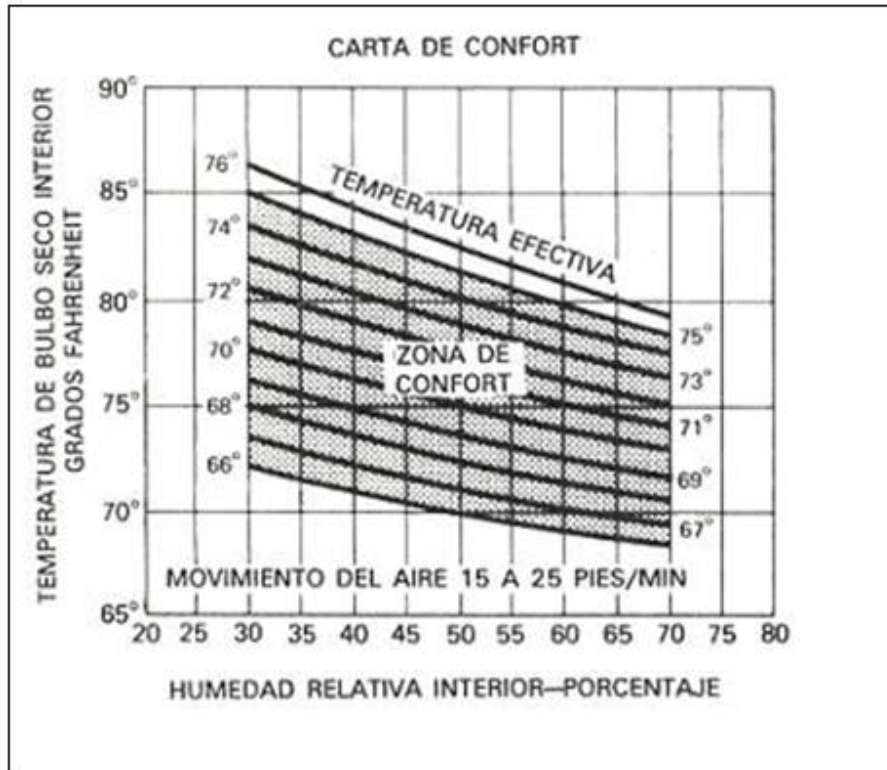
Condiciones diseño interior	
Temperatura de bulbo seco °C	20-24
Humedad relativa %	50-60

Fuente: curso de Refrigeración y A/C. USAC.

Estas condiciones de diseño se encuentran dentro de la zona de confort, “El cual es el rango de temperatura, humedad y movimiento del aire que provee el máximo confort a los ocupantes de un recinto”⁶.

⁶ ESCRIBÁ MORALES, Estuardo. *Implementación de un sistema de climatización en las oficinas de la Escuela de Ingeniería Mecánica*. p. 8.

Figura 24. Carta de zona de confort



Fuente: CHACÓN PAZ, Manuel. *Manual de aire acondicionado y refrigeración*. T2. p.372.

3.2. Optimización de espacios

Como anteriormente se ha descrito en el capítulo 2, en las instalaciones del auditorium, el espacio es limitado, razón por la cual es necesaria la optimización del mismo. Para colocar los 2 equipos de A/C, tanto las unidades exteriores e interiores; serán colocadas en lugares estratégicos, donde no intervengan con el movimiento de las personas y, por seguridad, que no obstruyan ninguna salida de emergencia, además de asegurar no generar contaminación visual.

3.2.1. Espacios internos

Debe de proporcionar características específicas para la instalación del evaporador, se pueden mencionar las siguientes:

- Que no esté expuesto al calor, vapor ni a emisión de frecuencias emitidas por otros aparatos.
- No deben presentarse obstáculos enfrente ni alrededor, que puedan dificultar el funcionamiento del evaporador.
- Las conexiones entre el evaporador y condensador puedan realizarse con libertad.

Que el espacio sea suficiente para que la unidad pueda tener la separación indicada en el manual del equipo con respecto al techo, paredes y suelo, para funcionar correctamente.

Con base en las características anteriormente descritas, se han seleccionado los espacios donde se ubicarán las unidades interiores de los 2 sistemas de A/C.

Para el evaporador 1 se ha dispuesto la ventana ubicada en la parte superior de la puerta, al costado izquierdo del área de exposiciones, la capacidad de enfriamiento del evaporador no será afectado por la puerta debido a que esta se mantiene cerrada.

Figura 25. **Espacio dispuesto para la instalación del evaporador 1**



Fuente: auditorium, ciudad San Cristóbal, Mixco.

Para la instalación del evaporador 2 se ha dispuesto colocarlo en la ventana ubicada al costado derecho de la consola de sonido, con el fin de que las frecuencias emitidas por dicha consola no afecte el funcionamiento del equipo. Además se evita el rodear la consola de sonido con los conductos de refrigerante con el fin de evitar obstrucciones en el acceso de la misma. En donde se hubiese necesitado 9,40 metros de conductos de cobre, de esta forma el espacio brinda reducción de materiales y de costos.

Figura 26. **Espacio dispuesto para la instalación del evaporador 2**



Fuente: auditorium, ciudad San Cristóbal, Mixco.

Los dos equipos están ubicados en la pared norte, debido a que al sur colinda con la casa vecina, presentando dificultad para realizar la instalación de la tubería de cobre y drenaje, asimismo, el mantenimiento posterior.

3.2.2. Espacios externos

El espacio donde se instalarán los condensadores tiene que cumplir con características especiales, para el buen funcionamiento de los condensadores, entre las cuales se pueden mencionar:

- No debe de estar expuesto a la intemperie de manera directa, es importante tener un área para colocar protección, con el fin proteger el

condensador de la corrosión causado por lluvia, sin que este obstruya el funcionamiento del mismo.

- Que el área no se ubique cerca de obstrucciones que impidan la salida de aire, así también, debe verificarse que el flujo de aire caliente no sea dirigido en contra de la dirección del viento.
- Tomar en cuenta el peso del equipo, con el fin de seleccionar un lugar que pueda resistirlo, y el ruido y vibraciones posibles no produzcan contaminación acústica.
- Asegurar que el espacio sea el adecuado para tener la separación suficiente de los alrededores, para el buen funcionamiento del equipo.
- El lugar debe estar nivelado para evitar las vibraciones.

Tomando en cuenta las características, anteriormente detalladas, se ha preferido colocar el condensador 1 en la terraza ubicada en el espacio exterior del edificio; donde actualmente se encuentra el depósito de agua, ya que este no se está utilizando.

Figura 27. **Espacio dispuesto para instalación de condensador 1**



Fuente: auditorium, ciudad San Cristóbal, Mixco.

El condensador 2 se ha dispuesto colocarlo en la pared del lindero, donde se puede realizar un anclaje apropiado al peso y dimensiones de la unidad. Además, el lugar permite obtener protección contra la exposición directa al medio ambiente.

Figura 28. **Espacio dispuesto para la instalación de condensador 2**



Fuente: auditorium, ciudad San Cristóbal, Mixco.

3.3. **Instalación eléctrica**

Es necesario que cada equipo de A/C tenga instalación eléctrica individual con su respectivo flipón, para evitar sobrecargas que pueden ocasionar daños a los equipos, además, que el calibre del conductor de cobre sea el adecuado y posea conexión de tierra física para proteger los equipos de descargas transitorias.

- Cálculo de corriente

$$P=IV$$

Datos:

Potencia (P) = 3 600 *Watts*

Voltaje (V) = 220 *Voltios*

$$I = 3600W/220V = 16,36 \text{ A} = 17 \text{ A}$$

- Cálculo de calibre del conductor de cobre

$$\text{Donde: } A = 2LI/\sigma er$$

Datos:

Longitud (L) = 22 m

Corriente (I) = 17A

Conductividad del cobre (σ) = 57

Pérdida de voltaje (er) = 3V

$$A = 2 \times 17A \times 22m / 57 \times 3V = 4,37 \text{ mm}^2 \text{ calibre 10 AWG}$$

Para la determinación del calibre correspondiente al diámetro necesario del conducto, se consulta la tabla XIV para obtener la clasificación según la AWG.

- Cálculo capacidad de flipón

$$\text{Capacidad de flipón} = I \times 1,25 = 17 \text{ A} \times 1,25 = 21,25 \text{ A}$$

Con base al cálculo se necesitan flipones de 25 A

Tabla XIV. **Clasificación de conductores de cobre según la AWG**

Calibre No. AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)	Tipo de conductor
14	1,63	2,09	sólido
12	2,05	3,30	sólido

Continuación de la tabla XIV.

10	2,59	5,27	sólido
8	3,26	8,35	sólido
6	4,67	13,27	cable
4	5,89	21	cable
2	7,42	34	cable
1/0	9,47	53	cable
2/0	10,62	67	cable
3/0	11,94	85	cable

Fuente: curso Ingeniería Eléctrica 2. USAC.

3.4. Montaje de equipos

Se han considerado aspectos importantes como la vibración, ruido y firmeza en la cimentación de los equipos, con el fin de evitar caídas que puedan afectar el funcionamiento de los equipos de A/C.

3.4.1. Cimentación de evaporador

La cimentación de las unidades evaporadoras consistirá en reforzar las ventanas utilizando piezas de perfil plano de 2" de ancho x 1/8" de grosor las cuales serán ancladas con el fin de evitar vibraciones durante el funcionamiento.

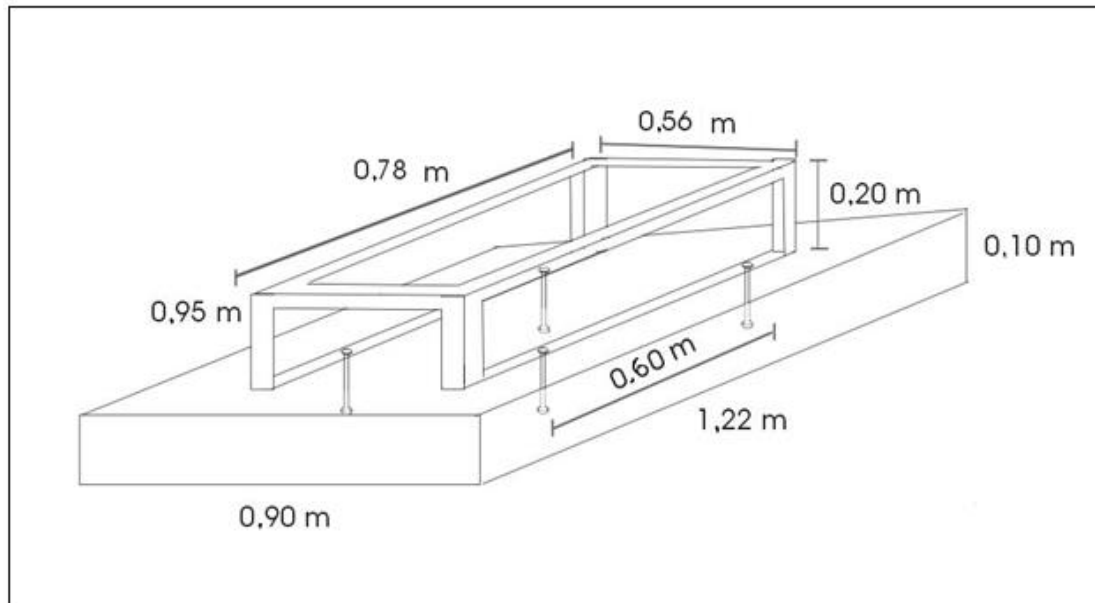
3.4.2. Instalación de evaporador

Al realizar la instalación del evaporador se velará porque las separaciones con los alrededores sean las diseñadas; asimismo, que la instalación de los sistemas periféricos sean correctos para el buen funcionamiento del equipo.

3.4.3. Cimentación de condensador

Consiste en estructuras metálicas, las cuales han sido seleccionadas con base al peso y tipo de movimiento el cual es rotatorio, de baja velocidad al estar en funcionamiento. El condensador 1 será instalado en una estructura metálica que tiene las siguientes dimensiones 0,78 m largo x 0,56 m ancho x 0,20 altura el material utilizado será angular de 2" x 1/8" de grosor, este será fijado a la terraza del patio con pernos de anclaje, los cuales se fijarán a una distancia de 0,60 m.

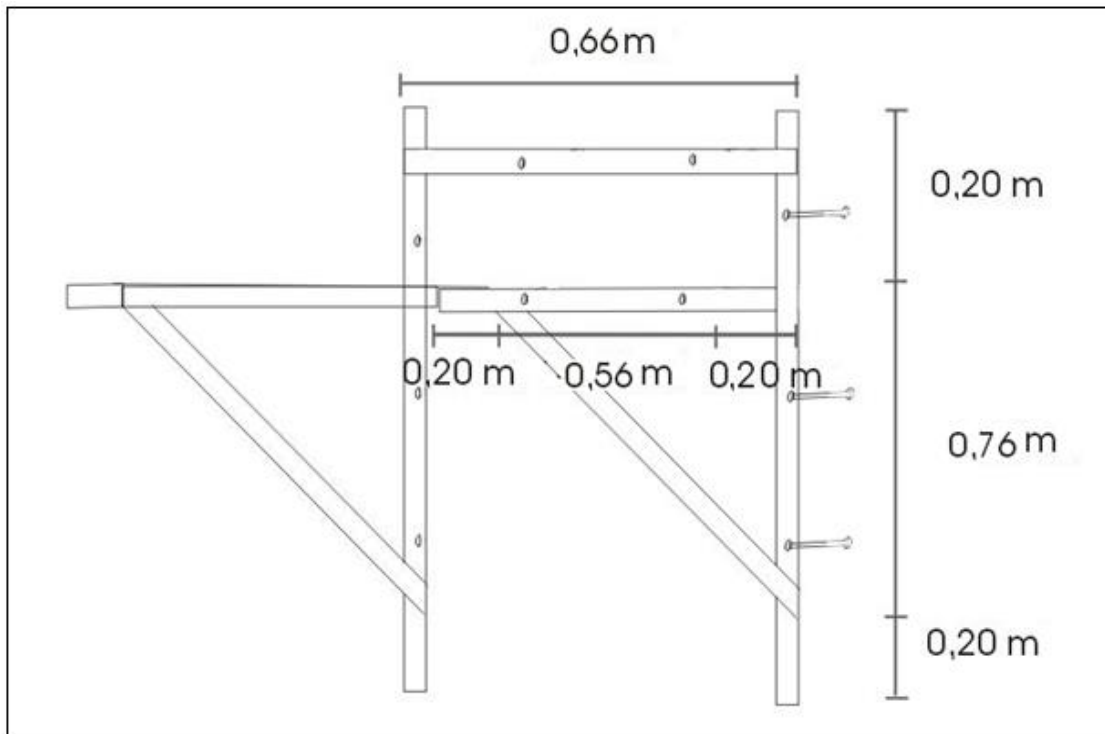
Figura 29. **Estructura de cimentación de condensador 1**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD 2008.

La cimentación para el condensador 2 es del mismo material, el cual debe tener las siguientes dimensiones: 0,66 m de ancho x 1,16 m de altura el cual será colocado en la pared del patio utilizando pernos de anclaje. Esto permite una reducción de espacio en comparación con que este sea colocado sobre la pérgola, además permitirá mayor accesibilidad al mismo para su mantenimiento posterior.

Figura 30. **Estructura de cimentación de condensador 2**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD 2008.

3.4.4. Instalación del condensador

El lugar donde se instalará el condensador, deben tomarse en cuenta las distancias de las paredes colindantes, con el fin de que estas no obstruyan el flujo de aire, causando bajo rendimiento en el funcionamiento y daños a la unidad.

3.5. Mantenimiento

Las actividades de mantenimiento se realizarán con el fin de evitar y eliminar, óptimamente, fallas posteriores que se pueden presentar en el

funcionamiento del sistema de A/C. Se efectuarán dos tipos de mantenimiento: preventivo y correctivo.

3.5.1. Manual de mantenimiento preventivo y correctivo

Mantenimiento preventivo: “cubre todo el mantenimiento programado que se realiza con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas, la característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno”.⁷

3.5.1.1. Mantenimiento rutinario

Estas actividades rutinarias deben realizarse antes utilizar el equipo A/C, para evitar daños en el mismo, las cuales son las siguientes:

- Verificar que nada obstruya la entrada y salida de aire de las unidades interiores y exteriores.
- Comprobar que el cable eléctrico y conexión a tierra estén perfectamente conectados.
- Verificar que las pilas del control remoto estén en buen estado, asimismo, los cables eléctricos, y que el filtro de aire se encuentre en la unidad interior.
- Revisar que la cimentación de las unidades esté en buen estado.
- Asegurarse que el equipo funcione correctamente.

⁷ FIGUEROA FUENTES, Mynor. *Manual para el curso de montaje y mantenimiento de equipo*. p. 11.

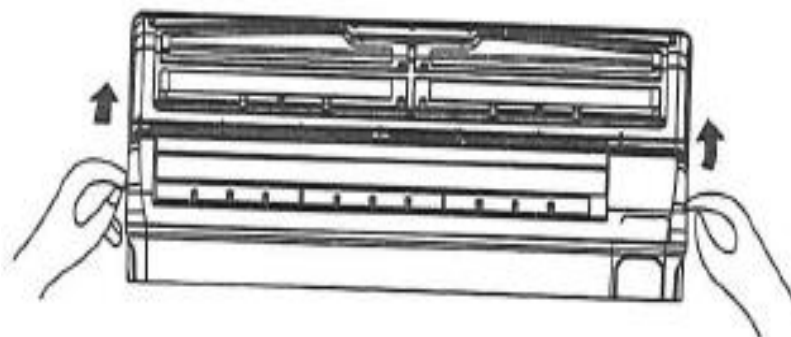
3.5.1.2. Mantenimiento mensual

Inicialmente se debe apagar y desconectar el sistema de conexión eléctrica, seguidamente limpiar la rejilla, utilizando un paño suave y seco. En caso de que el sistema esté muy sucio, remojar el paño con agua fría y consecuentemente a esto limpiar con un paño seco. Evitar el uso de lejía, abrasivos, polvo de pulir, paños tratados químicamente, plumeros, agua a mas de 40 C°, *thinner* y otros disolventes utilizados para la limpieza, ya que pueden provocar decoloración, grietas y deformaciones a la unidad.

El filtro de aire debe limpiarse para evitar que las impurezas impregnadas en el mismo afecten el funcionamiento de la unidad. Para limpiarlos debe extraerlos del evaporador siguiendo las instrucciones siguientes:

- Levantar la cubierta frontal de la unidad hasta escuchar que haga el sonido de fijación.

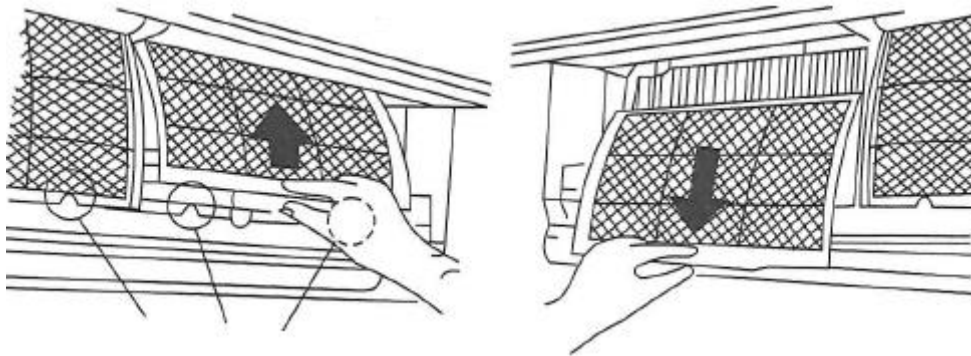
Figura 31. Remoción de cubierta de evaporador



Fuente: <http://innovair.com/wp-content/uploads/2013/07/INNOVAIR-EV-Vexus-Mini-Splits-User-Manual-1st-Gen.pdf>. [Consulta: 02 de diciembre de 2013].

- Seguidamente tomar el filtro del mango, empujándolo hacia arriba y luego tirarlo hacia abajo para extraerlo.

Figura 32. **Extracción de filtro de aire**



Fuente: <http://innovair.com/wp-content/uploads/2013/07/INNOVAIR-EV-Vexus-Mini-Splits-User-Manual-1st-Gen.pdf>. [Consulta: 02 de diciembre de 2013].

Para la limpieza del filtro de aire puede utilizarse una aspiradora, o con agua y detergente; luego dejar secar en un lugar sombreado. Esta limpieza debe hacerse mensualmente. Si después de la limpieza se percibe que el filtro se encuentra sucio y deteriorado debe reemplazarse; la frecuencia de reemplazo es semestral, dependiendo del uso. Algunas partes del equipo necesitan ser lubricadas, esto se realiza conforme las especificaciones del fabricante.

3.5.1.3. Mantenimiento general

Debido a que se necesita equipo especial para realizar las actividades de mantenimiento, se recomienda que sea realizado por personal especializado, este mantenimiento debe realizarse a las 4 000 horas de funcionamiento, si el

equipo de A/C es utilizado con poca frecuencia, el mantenimiento debe realizarse como mínimo una vez al año; el cual consta de las actividades siguientes:

- Unidad interior

Limpieza de evaporador y filtro, bandeja y tubería de drenaje inspección de serpentín, válvulas evaporador y filtro. Medición de temperatura y presión.

- Unidad exterior

Limpieza de condensador, compresor y filtro, inspección de serpentín, válvulas. Medición de temperatura y presión. Comprobar el estado de los compresores por medio de pruebas de acidez del aceite. Revisión del sistema eléctrico (limpieza de cables y motores eléctricos, condiciones físicas, medición de corriente y voltaje).

En las unidades exteriores e interiores debe verificarse el buen estado de las cimentaciones, con el fin de evitar vibraciones o caída de las mismas. Asegurarse de no encontrar fugas de refrigerante en la tubería de cobre, uniones, válvulas y accesorios. Además es necesario revisar que el aislante térmico de la tubería de cobre se encuentre en buenas condiciones, para un buen rendimiento del equipo.

Si el sistema de A/C no se utiliza durante largo tiempo, debe realizarse lo siguiente:

- Hacer funcionar el ventilador durante medio día, para secar el interior de la unidad.
- Limpiar el filtro e instalarlo, evitar dejar el evaporador sin filtro, puede acumular suciedad y consecuente a esto tener bajo rendimiento en el equipo.
- Apagar el sistema de A/C y desconectarlo del sistema eléctrico.
- Extraer las pilas del control remoto.

Actividades de mantenimiento correctivo: “Este mantenimiento, también es denominado mantenimiento reactivo, tiene lugar, luego que ocurre una falla o avería, es decir, se hará cuando se presente un error en el sistema”⁸.

Tabla XV. **Fallas de funcionamiento del sistema de A/C**

Fallas	Solución
El aparato no funciona de inmediato cuando se reinicia	Una vez que se apaga el aire acondicionado, no va a funcionar en aproximadamente 3 minutos para protegerse.
Se siente un olor extraño disperso en el aire	La unidad no tiene olor peculiar por sí mismo. Si tuviese es debido al olor acumulado en el ambiente. Para solucionarlo se recomienda limpiar el filtro. Si el problema persiste debe comunicarse al servicio técnico.
El espacio acondicionado es demasiado frío	Revisión de válvula de expansión, realizar las respectivas reparaciones.

⁸ FIGUEROA FUENTES, Mynor. *Manual para el curso de montaje y mantenimiento de equipo*. p. 11.

Continuación de la tabla XV.

Los equipos no funcionan	Verificar la alimentación eléctrica, si no se ha desconectado, que el flipón esté activado, si fluye corriente eléctrica, tiempo de temporizador.
El control remoto no funciona.	Comprobar que el control remoto no esté dañado, ver que las pilas sean de la misma marca y estas correctamente instaladas, cambiarlas por nuevas
Hay fuga de agua en la habitación	La humedad del aire está en el lado de alta, aumentar la velocidad y abrir la aleta vertical, revisar la tubería y receptor de drenaje.
El aire aspirado al condensador es muy caliente o insuficiente	Revisión de limpieza del panel de condensadores y aspas, medir la presión y temperatura del refrigerante para verificación.
Ventilador del condensador no trabaja	Revisar si tiene señal de energía eléctrica, chequeo conexiones eléctricas, reparar o en caso necesario sustituir motor eléctrico.
Carga insuficiente de refrigerante	Detección de fugas en el sistema, corregirlas, recuperar el gas o almacenarlo, agregar
La eficiencia del sistema de A/C no es buena	Revisar el temporizador, que las rejillas de salida no estén obstruidas, el filtro debe estar limpio, ventanas y puertas cerradas, el ajuste de velocidad, la existencia de una fuente de calor en el recinto.
Compresor dañado	Revisar circuito eléctrico de alimentación, compresor, en caso necesario sustituirlo.
Evaporador congelado	Descongelar y corregir causa (filtro de aire sucio, obstrucción de flujo de aire, etc.)
Motor arranca y se detiene rápidamente	Revisión de embobinado y demás componentes de ser necesario debe reemplazarse.
La unidad condensadora genera mucho ruido	Revisar la unidad (compresor y válvulas), cimentaciones, realizar las respectivas reparaciones.

Fuente: elaboración propia.

3.6. Capacitación

Esta actividad tiene como fin auxiliar a las personas encargadas del mantenimiento rutinario y mensual a conocer las partes que comprenden los equipos de A/C. Asimismo, informarles acerca de generalidades del mismo.

3.6.1. Personas a capacitar

Las personas encargadas de la realización del mantenimiento preventivo es un grupo de 5 integrantes, quienes son asistentes del auditorium comprometidos con la conservación y buen uso de las instalaciones.

3.6.2. Contenido de la capacitación

Los temas a desarrollar en la capacitación, consisten en: el funcionamiento del sistema de aire acondicionado, el control remoto, cuidados de seguridad durante el funcionamiento, sobre las actividades de mantenimiento preventivo, y de la importancia del mantenimiento general.

3.6.2.1. Funcionamiento del equipo

Cada equipo de aire acondicionado está comprendido de: evaporador y condensador.

- Evaporador: ubicado dentro del recinto a acondicionar; se encarga de ingresar el aire acondicionado, es donde el refrigerante se evapora, tomando calor del exterior por medio de la diferencia de temperatura.

- Condensador: traslada el refrigerante en estado gaseoso, para luego comprimirlo y elevar su temperatura, enviándolo en estado líquido al evaporador, esta parte del equipo se ubica fuera del recinto.

El control remoto es el encargado de transmitir las distintas funciones programadas al evaporador, de las cuales se puede mencionar, la dirección y velocidad del aire, el tiempo de funcionamiento y la temperatura predeterminada, si se desea un aire frío o fresco.

- Los cuidados de seguridad al utilizar el equipo se describen a continuación:
 - Evitar encender y apagar el sistema de A/C directamente del flipón, hacer modificaciones de la instalación eléctrica, cambio y modificación de la longitud del cable, o conectarlo con otros aparatos, esto puede generar una descarga e incendio.
 - No abrir el evaporador durante el funcionamiento, puede causar descarga eléctrica.
 - No dejar las ventanas y puertas abiertas por un largo tiempo, mientras opera el acondicionador de aire, ya que disminuye la capacidad de acondicionamiento del equipo.
 - No bloquear la entrada o salida de aire, rejillas de ventilación tanto del exterior e interior, puede disminuir la capacidad del equipo de aire acondicionado o causar mal funcionamiento.
 - Detener el funcionamiento y cierre de las ventanas en tormenta o huracán; las ventanas abiertas pueden causar humedecimiento del interior del equipo, afectando su rendimiento. Si entra agua en la unidad, debe apagarse el aparato y desconectar la alimentación. Es importante contactar el servicio técnico.

3.6.2.2. Manual de mantenimiento preventivo

Se darán a conocer las actividades de mantenimiento preventivo detalladas en el inciso 3.5.1, con el fin de que las personas encargadas puedan realizarlo sin ninguna complicación y con la periodicidad debida.

3.7. Costo de propuesta

A continuación, en las tablas XVI y XVII se presentan dos alternativas para la realización del proyecto, donde la diferencia radica en el tipo de refrigerante utilizado, detallando los costos pertinentes a la adquisición de los equipos, instalación y materiales necesarios para el montaje.

- Alternativa 1

Tabla XVI. Descripción de costos de alternativa 1

Cantidad	Descripción	Valor u. (Q)	Total (Q)
2	Equipo de aire acondicionado <i>minisplit</i> marca Everwell con capacidad de 36 000 BTU, 230V, refrigerante 410A.	12 500,00	25 000,00
25 ft	Tubo de cobre flexible de 3/8 “	19,88	497,00
25 ft	Tubo de cobre flexible de 5/8 “	27,90	697,50
	Materiales de instalación adicionales		1 000,00
	Mano de obra	3 400,00	6 800,00
	Total		33 994,50

Fuente: elaboración propia, con base en cotizaciones realizadas.

- Alternativa 2

Tabla XVII. Descripción de costos de alternativa 2

Cantidad	Descripción	Valor u. (Q)	Total (Q)
2	Equipo de aire acondicionado <i>minisplit</i> marca Comfortstar con capacidad de 36 000 BTU, 230V, monofásico con refrigerante R22.	6 690,00	13 380,00
25 ft	Tubo de cobre flexible de 1/2 “	19,88	497,00
25ft	Tubo de cobre flexible de 5/8 “	27,90	697,50
	Materiales de instalación adicionales		1 000,00
	Mano de obra	3 400,00	6 800,00
	Total		22 374,50

Fuente: elaboración propia, con base en cotizaciones realizadas.

- Costos indirectos: generados por el funcionamiento del equipo de A/C, el cual dependerá de la frecuencia de uso, asimismo, del mantenimiento preventivo y cuidado que se le brinde.

Tabla XVIII. Descripción de costos indirectos alternativa 1

Descripción	(KW) Consumidos	Tarifa eléctrica (Q/KW-h)	Costo de consumo eléctrico mensual (Q)	Costo de consumo eléctrico anual (Q)
Consumo eléctrico mensual (20h)	144	1,77	254,88	3 058,56
Mantenimiento anual de equipos de A/C	Toneladas de refrigeración	Costo de mantenimiento Q/toneladas de refrigeración		Costo de mantenimiento anual (Q)
	6	76,20		457,20
Costo total anual (Q)				3 515,76

Fuente: elaboración propia, con base en cálculos realizados.

Tabla XIX. Descripción de costos indirectos alternativa 2

Descripción	(KW) Consumidos	Tarifa eléctrica (Q/KW-h)	Costo de consumo eléctrico mensual (Q)	Costo de consumo eléctrico anual (Q)
Consumo eléctrico mensual (20 h)	580,60	1,77	1 027,66	12 331,94
Mantenimiento anual de equipos de A/C	Toneladas de refrigeración	Costo de mantenimiento Q/ toneladas de refrigeración		Costo de mantenimiento anual (Q)
	6	76,20		457,20
Costo total anual (Q)				12 789,14

Fuente: elaboración propia, con base en cálculos realizados.

3.8. Análisis financiero

Debido al tipo de proyecto, este no aporta ingresos económicos, el beneficio es un ambiente agradable durante las reuniones. Donde los asistentes

del auditorium son los beneficiados directos, quienes, con base en sus ingresos. Y la capacidad financiera podrán implementar el proyecto.

- Valor presente neto

Es un método que consiste en trasladar el flujo de efectivo a un presente, el cual se evalúa según el criterio siguiente:

- $VPN > 1$ se recupera la inversión, se obtienen ganancias igual al valor del VPN.
- $VPN = 0$ se recupera la inversión, no se tiene pérdidas ni ganancias.
- $VPN < 1$ no se recupera la inversión, deben evaluarse todas las variables de inversión.

VPN de alternativa 1

Datos:

Inversión inicial = Q. 33 277,00

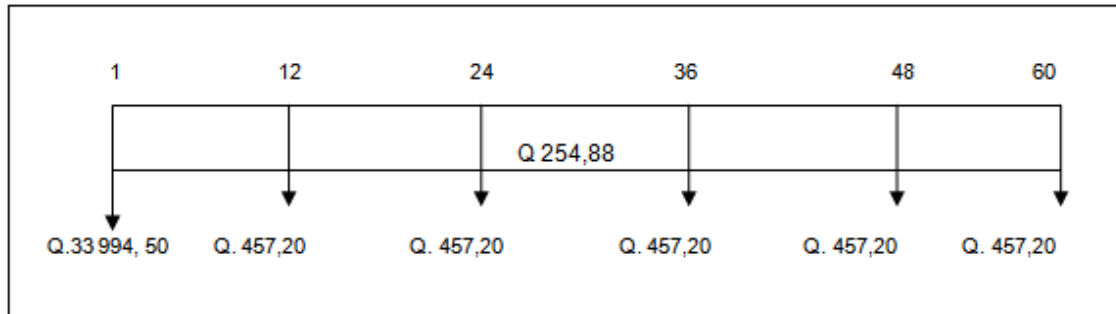
Consumo eléctrico mensual = Q. 254,88

Mantenimiento anual = Q. 457,20

n = 60 meses

i = 5

Figura 33. Diagrama de flujo de efectivo de alternativa 1



Fuente: elaboración propia.

$$VPN = VPB - VPC$$

$$VPN = 0 - Q. 33\,994,50 - Q. 254,88 (P/A, 5\%, 60) - Q. 457,20 (P/F, 5\%, 12) - Q. 457,20 (P/F, 5\%, 24) - Q. 457,20 (P/F, 5\%, 36) - Q. 457,20 (P/F, 5\%, 48) - Q. 457,20 (P/F, 5\%, 60) = Q. - 73\,664,80$$

VPN de alternativa 2

Datos:

Inversión inicial = Q. 22 374,50

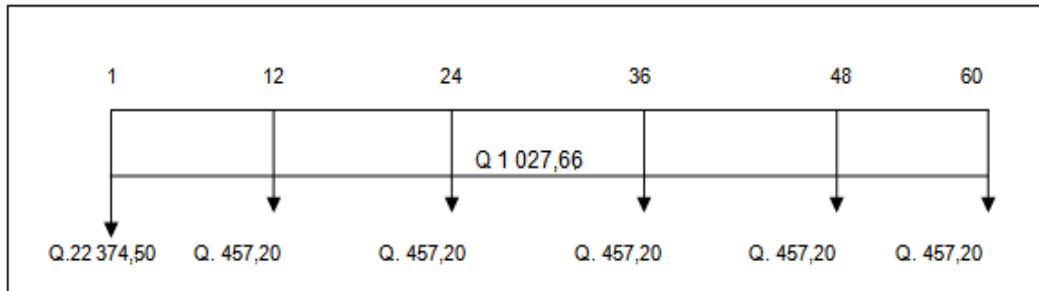
Consumo eléctrico mensual = Q. 1 027,66

Mantenimiento anual = Q. 457,20

n = 60 meses

i = 5

Figura 34. Diagrama de flujo de efectivo de alternativa 2



Fuente: elaboración propia.

$$VPN = VPB - VPC$$

$$VPN = 0 - Q. 22\,374,50 - Q. 1\,027,66 (P/A, 5\%, 60) - Q. 457,20 (P/F, 5\%, 12) - Q. 457,20 (P/F, 5\%, 24) - Q. 457,20 (P/F, 5\%, 36) - Q. 457,20 (P/F, 5\%, 48) - Q. 457,20 (P/F, 5\%, 60) = Q. - 76\,645,98$$

La mejor opción es la alternativa 1, ya que es la menos negativa; como se puede observar, esta tiene mayor inversión inicial, la cual es contrarrestada por sus costos indirectos, porque estos son mínimos en comparación de la alternativa 2.

Tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa interna de rentabilidad del proyecto, por medio de la cual se puede verificar la tasa con la que recupera la inversión inicial de la primera alternativa.

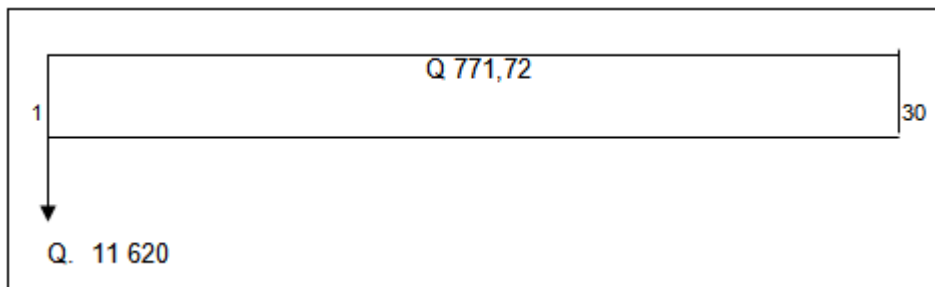
Datos

Diferencia de precios de equipo = Q. 33 994,50 – Q 22 374,50 = Q 11 620,00

Diferencia de consumo eléctrico mensual = Q1 026,60 - Q. 254,88 = Q. 771,72

n = 30 meses

Figura 35. **Diagrama de flujo de efectivo de la TIR**



Fuente: elaboración propia.

$$VPN = Q. 771,72 (P/A, 5\%, 30) - Q. 11 620,00 = Q. 243,26$$

$$VPN = Q. 771,72 (P/A, 10\%, 30) - Q. 11 620,00 = - Q. 4345,07$$

$$TIR = \Delta i \text{ VPN } (+) / \text{VPN } (+) \mid \text{VPN } (-) \mid + i \text{ menor}$$

$$TIR = (10\% - 5\%) (Q. 243,26) / (243,26) \mid (- Q. 4 345,07) + 5\% = 5\%$$

La alternativa 1 (equipo R410A) permite el retorno del 5 por ciento mensual a causa de su bajo consumo eléctrico, el cual es 4 veces menor en comparación de la alternativa 2 (equipo R-22).

4. IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTA

Con base en el análisis financiero desarrollado en el capítulo anterior, los equipos a instalar son los que utilizan el refrigerante R-410, este permite tener un bajo impacto ambiental, el cual será reducido con las medidas de mitigación planteadas en el capítulo 6 del presente documento.

4.1. Compra de equipo

Las personas designadas por la organización responsable del auditorium, se encargarán de realizar el procedimiento de compra de los equipos, asimismo de los materiales necesarios para la instalación, el conjunto tiene un costo aproximado de Q. 33 994,50 según la cotización realizada.

El equipo seleccionado, además de tener un bajo impacto ambiental durante su funcionamiento, permite obtener beneficios económicos debido a su bajo consumo eléctrico.

4.2. Montaje de equipos

“Es el proceso mediante el cual se emplaza cada pieza en su posición definitiva dentro de una estructura.”⁹Esta actividad se realizará considerando aspectos muy importantes detallados en el capítulo anterior, con el fin de

⁹ ESPINOZA CIFUENTES, Fernando. *Montaje e Instalación en plantas Industriales*, <http://campuscurico.utalca.cl/~fepinos/Montaje%20e%20Instalacion%20Introduccion.pdf>. [Consulta: 23 de febrero de 2014].

realizar una correcta instalación de los equipos de A/C que permitirá el buen funcionamiento.

4.2.1. Instalación eléctrica

Se comprobará que el sistema eléctrico tenga el voltaje adecuado, asimismo que cada equipo de A/C posea su respectivo flipón en la caja y que este posea su respectiva conexión a tierra. Para la instalación eléctrica de los equipos debe utilizarse cable eléctrico calibre 10 y flipón de 25 A para evitar sobrecargas eléctricas.

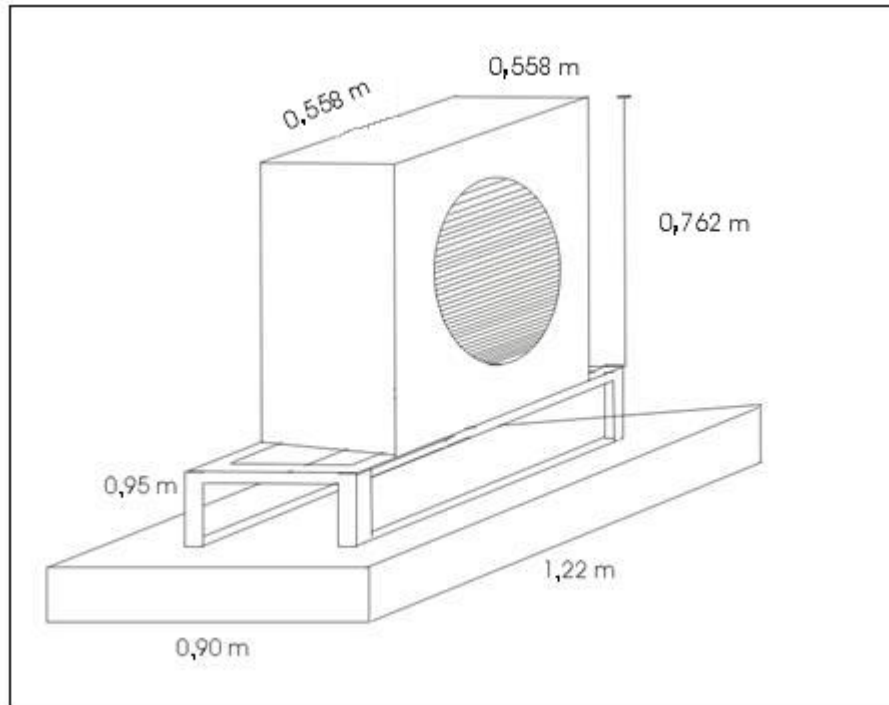
4.2.2. Cimentación de equipos

Esta actividad comprende la realización de las bases que contendrá los equipos de A/C, la cual será realizada tomando en cuenta las medidas de seguridad industrial pertinentes, como utilización de guantes, gafas, vestimenta de protección, casco y zapatos industriales al realizar los cortes de las distintas tuberías y perfiles utilizados en los cimiento de los equipos. Además al utilizar los distintos equipos de soldadura se utilizarán caretas o gafas de protección, y se tomarán las precauciones correspondientes, con el fin de evitar descargas eléctricas e incendios.

4.2.2.1. Cimentación de condensador

El condensador 1, será instalado en una estructura de metálica hecha con angular de 2" con 1/8" de grosor, estará anclado a la terraza por medio de pernos.

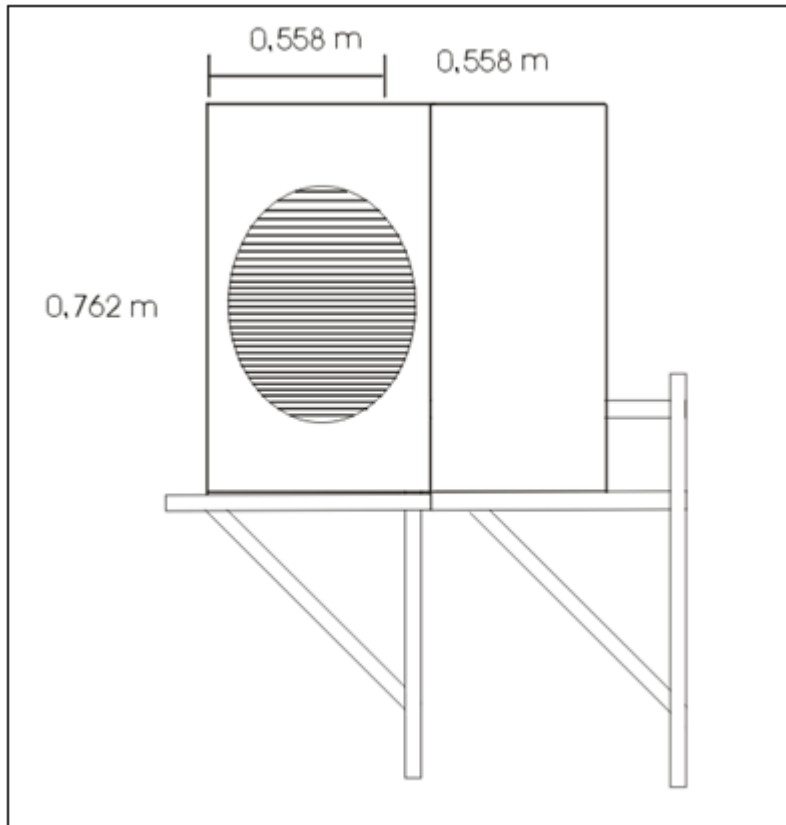
Figura 36. **Cimentación de condensador 1**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD 2008.

El condensador 2 será instalado en la estructura hecha de angular de 2" x 1/8" de grosor la cual estará anclada por medio de pernos, en la pared del exterior, a una altura de 1,70 m, permitiendo un espacio de 50 cm entre el condensador y el techo.

Figura 37. **Cimentación de condensador 2**

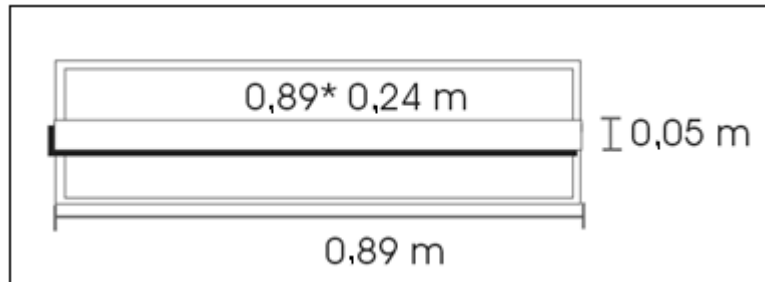


Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD 2008.

4.2.2.2. Cimentación de evaporador

En la ventana donde se colocará el evaporador 1 se colocarán refuerzos de perfil plano de 2 "x 1/8 "de grosor los que servirán de base para la placa de instalación, serán fijados utilizando soldadura al arco.

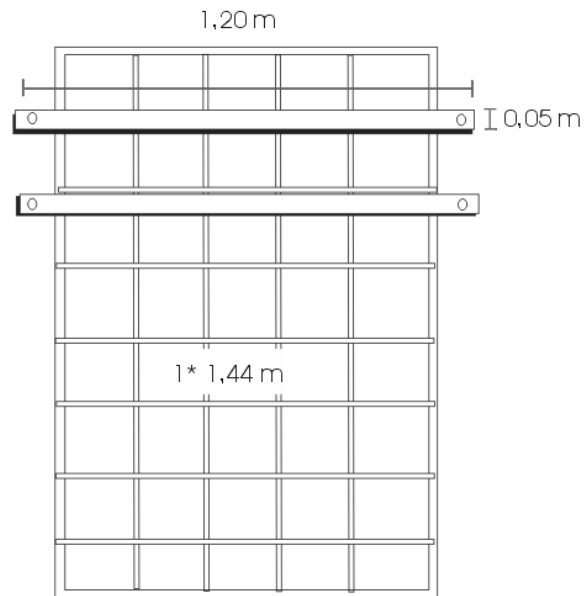
Figura 38. **Cimentación de evaporador 1**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD 2008.

En la ventana donde se colocará el evaporador 2 al igual que al evaporador 1 se reforzará con perfil plano de 2" x 1/8" de grosor, anclado a la pared con pernos. Al colocar la placa de instalación se utilizará elastómero para eliminar las vibraciones.

Figura 39. **Cimentación de evaporador 2**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD 2008.

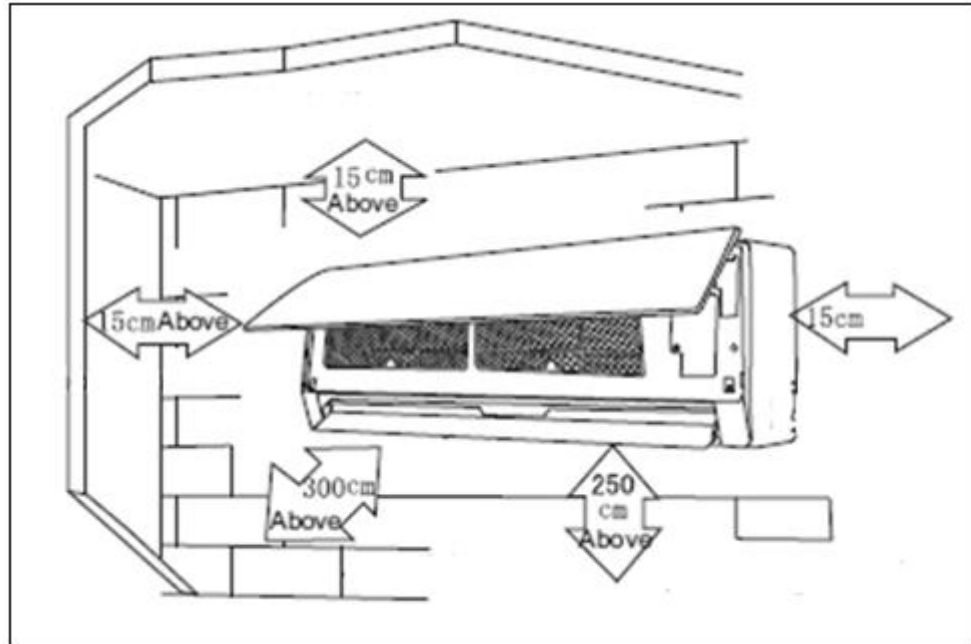
4.2.3. Instalación de equipos

Los equipos a instalar son 2 condensadores y 2 evaporadores con sus respectivas conexiones de tubería de cobre, drenaje y conexión eléctrica. Se tomarán las medidas pertinentes para el buen funcionamiento del sistema de A/C y el cuidado al medio ambiente.

4.2.3.1. Instalación de evaporador

Previamente a instalar el evaporador debe considerarse el espacio este debe tener mínimo 15 cm en todos los lados, a excepción de la distancia al suelo, la cual debe de ser de 250 cm como mínimo.

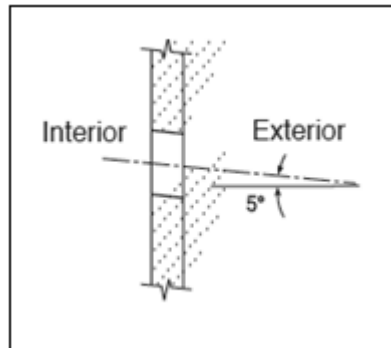
Figura 40. **Espacios colindantes al evaporador**



Fuente: <http://innovair.com/wp-content/uploads/2013/07/INNOVAIR-LG-Samba-Mini-Splits-Manual.pdf>. [Consulta: 02 de diciembre de 2013].

Seguidamente se coloca la placa de instalación, debe corroborarse que esté colocada horizontalmente, asimismo, perforar el agujero de 2,75" para conducir las tuberías de cobre, drenaje y eléctrica, a la unidad exterior; este debe tener 5° de inclinación, para evitar que el liquido drenado regrese a la bandeja receptora de la unidad interior.

Figura 41. **Agujero de instalación de tuberías con caída al exterior**



Fuente: <http://www.gervasoni.biz/pdf/york/AA.Atlas.pdf>. [Consulta: 06 de diciembre de 2013].

Posteriormente a la colocación de la placa de instalación se pone el evaporador, para verificar que se encuentre acoplado y se mueve a los lados. Se dirigen las tuberías de conexión a la parte trasera para realizar las conexiones correspondientes.

4.2.3.2. Instalación de condensador

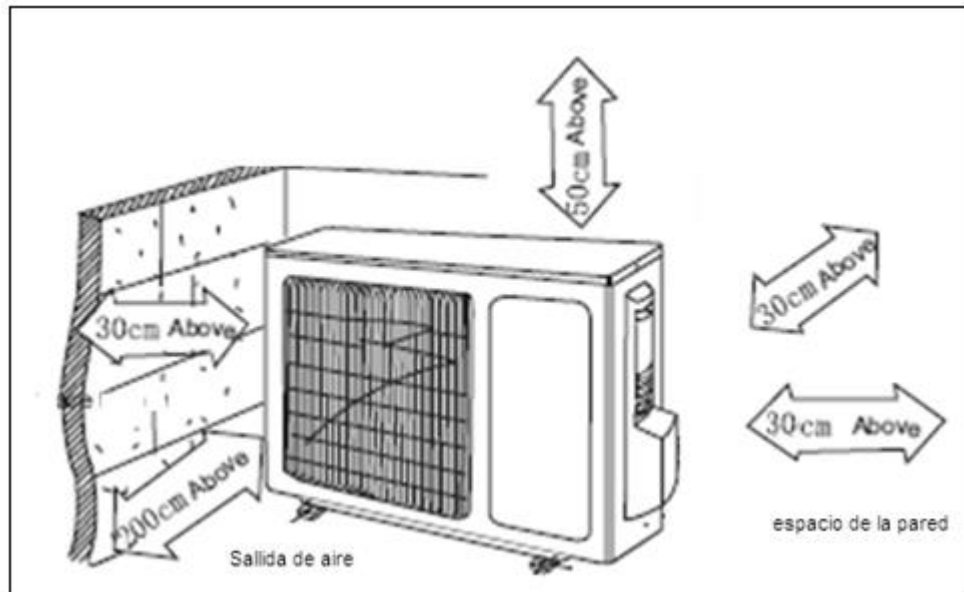
En el área donde se instalará el condensador, deben tomarse en cuenta las distancias de las paredes colindantes, con el fin de que estas no obstruyan el flujo de aire. Las dimensiones mínimas se muestran en la tabla XX.

Tabla XX. **Espacios colindantes al condensador**

Descripción de espacios	Dimensiones mínimas (cm)
Techo	50
Laterales	30
Frontal	200
Posterior	30

Fuente: manual de instalación Innovair.

Figura 42. **Espacios colindantes al condensador**



Fuente: <http://innovair.com/wp-content/uploads/2013/07/INNOVAIR-LG-Samba-Mini-Splits-Manual.pdf>. [Consulta: 02 de diciembre de 2013].

Al colocar el condensador sobre la cimentación, se agrega material antivibratorio, adecuado a la forma de las bases de los equipos, y se atornilla para fijarlo.

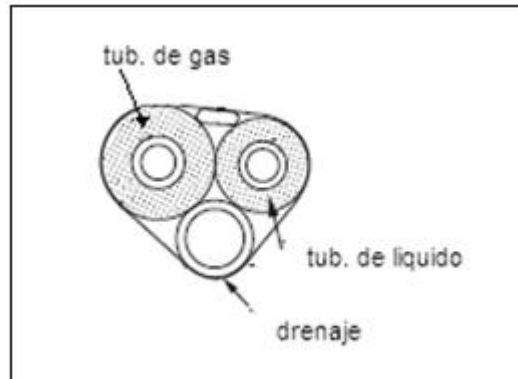
4.2.3.3. Instalación de sistemas periféricos

Adicionalmente a la cimentación de las unidades condensadoras y evaporadoras, el sistema necesita la adecuada instalación del sistema de drenaje y eléctrico, esto permitirá un óptimo rendimiento del sistema de A/C.

- Instalación eléctrica de unidad interior
 - Retirar la cubierta de la caja de conexiones eléctricas del evaporador. Realizar las conexiones, asegurando que los tornillos de fijación queden ajustados, prestando atención en la posición de los cables indicados, según el diagrama, realizar la instalación en la unidad exterior.

- Instalación de tubería de cobre y drenaje
 - Sujetar con cinta adhesiva las conexiones del condensador cuidando que la manguera de drenaje quede en la parte inferior, con el fin de evitar que el drenado regrese a la bandeja interna de la unidad.

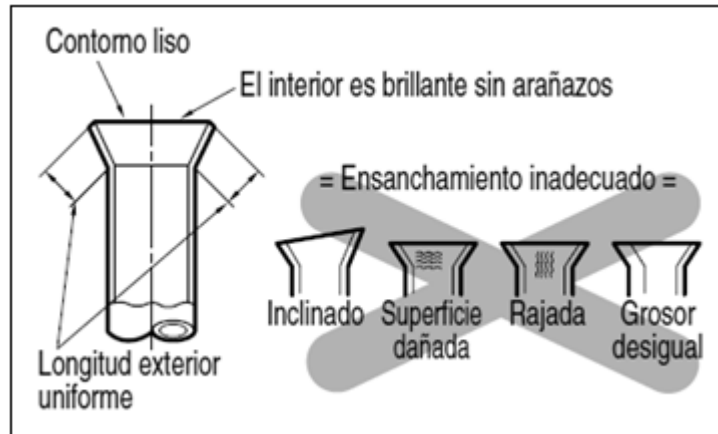
Figura 43. **Posición de tubería de drenaje**



Fuente: <http://innovair.com/wp-content/uploads/2013/07/INNOVAIR-LG-Samba-Mini-Splits-Manual.pdf>. [Consulta: 02 de diciembre de 2013].

- Cortar las tuberías de cobre utilizando cortatubo adecuado, dejando una pequeña distancia para realizar, posteriormente el ensanchamiento, cuidando de no dañar las orillas. Seguidamente de comprobar el estado de las orillas de la tubería, se ensanchan, cuidando que el ensanchamiento esté centrado, para tener una conexión hermética. Además debe revisarse que las tuberías de cobre estén completamente limpias, sin partículas de ningún tipo o humedad en su interior.

Figura 44. **Ensanchamiento correcto de tubería de cobre**



Fuente:<http://www.escueladerefrigeracion.com.pe/docs/MANUAL%20DE%20INSTALACION%20MINI%20SPLIT.pdf>. [Consulta: 10 de diciembre de 2013].

- Se recubrirán las tuberías de cobre y tubería de drenaje con polietileno de 6 mm de grosor, para aislarlas y evitar pérdidas de temperatura en el refrigerante, y posteriormente, introducirlas en el agujero de entubado.
- Alinear los tubos y seguidamente conectarlos a la tubería de cobre, apretarlos con la mano, seguidamente ajustarlos utilizando una llave y un torquímetro, cuidando de proporcionar el torque necesario según el diámetro de la tuerca.

Tabla XXI. **Par de apriete para tuberías de cobre**

Tamaño de la tuerca abocinada (pulg.)	Par de apriete estándar	
	Kgf*cm	N*cm
1/4	144-176	1420-1720
3/8	333-407	3270-3990
1/2	504-616	4950-6030
3/4	990-1210	9270-11860

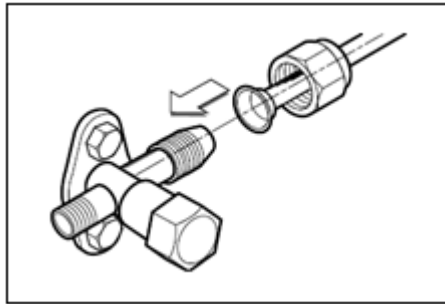
Fuente: *Manual de instalación y mantenimiento de tuberías de refrigerante*

DAIKIN.p.x.<http://www.imacifp.com/wp-content/uploads/2012/09/HFC-407c-410a-.pdf>.

[Consulta: 16 de septiembre de 2014].

- Seguidamente realizar la conexión de tubería de drenaje, cuidando que esta no quede doblada, luego debe sujetarse con cinta de vinilo. Posteriormente adherir las tuberías de la unidad interior y el aislante térmico con cinta de vinilo. Ingresar el cable eléctrico dentro del agujero de conexión, igualmente debe ser protegido con cinta de vinilo.
- Inmediatamente se conectan las tuberías de cobre en las válvulas del condensador, se aprietan con la mano, finalmente se ajustan con la llave.

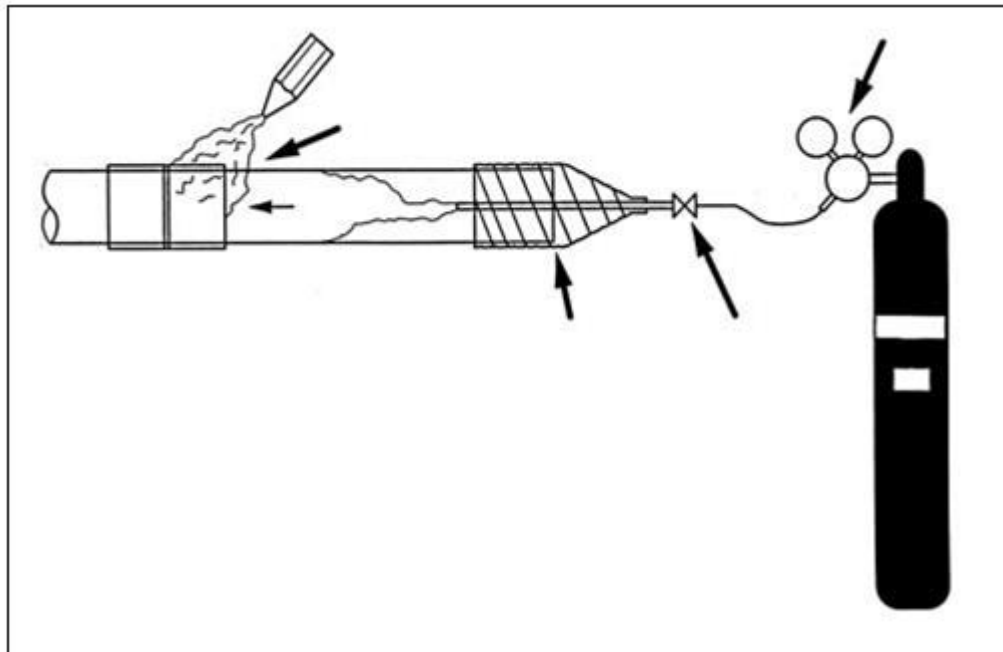
Figura 45. **Conexión tubería-válvula**



Fuente:<http://www.escueladerefrigeracion.com.pe/docs/MANUAL%20DE%20INSTALACION%20MINI%20SPLIT.pdf>. [Consulta: 10 de diciembre de 2013].

- Después de conectar la tubería en el lado de alta presión, junto con la válvula de alta presión, cargar nitrógeno desde un tanque con válvula de alta presión y conexión con manómetro. Al terminar la prueba, fijar tubería y válvula de baja presión, realizar las soldaduras necesarias.
- Cuando se carga el sistema con nitrógeno, evitá que se produzcan grandes cantidades de película oxidada en el interior de la tubería, ya que esto es causante de fallas en el equipo.

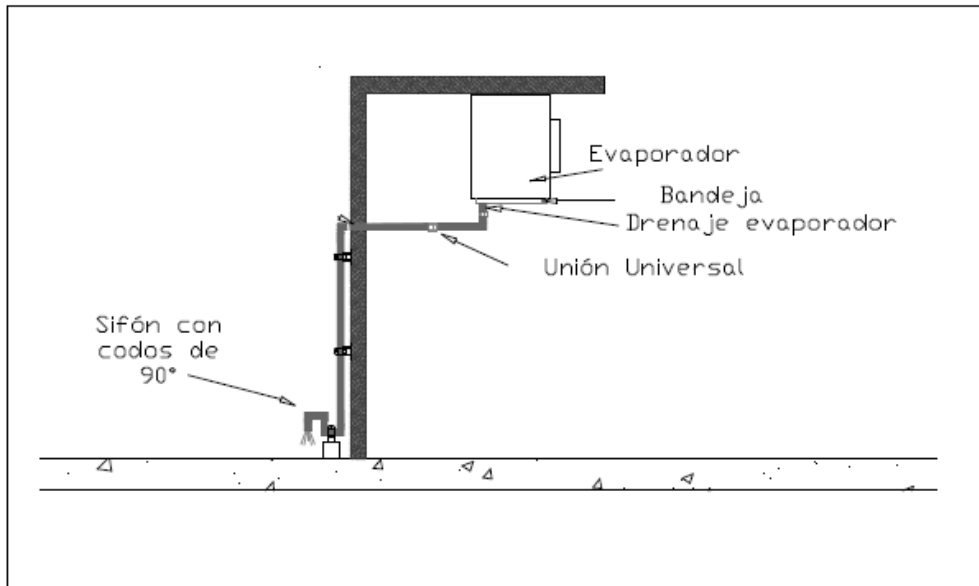
Figura 46. **Método de carga de nitrógeno**



Fuente: *Manual de instalación y mantenimiento de tuberías de refrigerante DAIKIN.*
p.v.<http://www.imacifp.com/wp-content/uploads/2012/09/HFC-407c-410a-.pdf>. [Consulta: 16 de septiembre de 2014].

Las tuberías de drenaje deben ser conectadas a la unidad interior a través de una unión universal, la cual permitirá poder retirarla para su mantenimiento posterior. Las aguas drenadas serán dirigidas a un receptáculo del patio, que posteriormente las desechará al sistema de drenaje de la localidad. Al final de la tubería se aconseja colocar un sifón, este tiene el objetivo de impedir el ingreso de aire caliente del exterior al recinto, incrementando la ganancia de calor. Al finalizar la instalación debe verificarse el drenado de la condensación, agregando agua en la bandeja interior, la cual debe desecharse a través de la tubería.

Figura 47. Disposición de tubería de drenaje



Fuente: OCHOA GALINDO, Douglas Engemberth. *Instalación de Equipos de refrigeración Industrial*. p. 263.

- Instalación eléctrica de unidad exterior

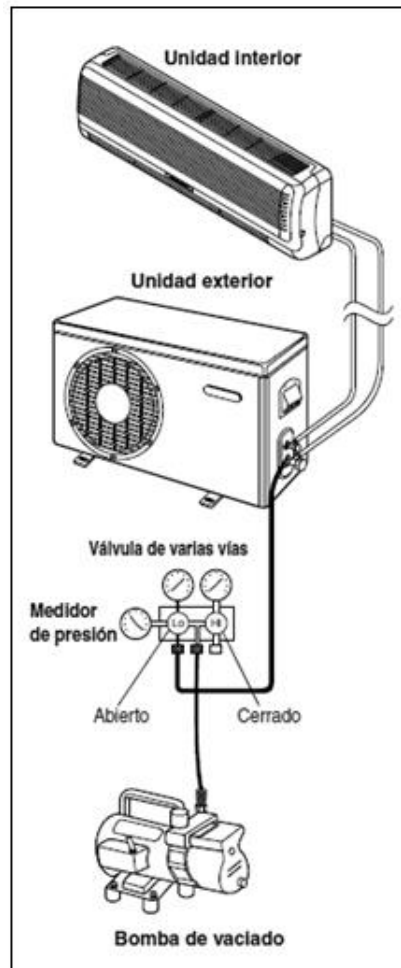
Las conexiones eléctricas deben realizarse con el respectivo orden de cableado dispuesto según el diagrama. Debe verificarse el ajuste de las conexiones eléctricas que tienden a aflojarse durante el traslado del equipo. Las tuberías deben ser fijadas con una separación de 60 cm en todo el trayecto entre las unidades.

- Purga de aire del equipo de A/C

Se realiza con el fin de evitar humedad y la presencia de gases no condensables dentro del equipo.

- Verificar que las tuberías y la instalación eléctrica estén conectadas.
- Retirar los tapones de las válvulas de gas y líquido del condensador, verificar que estas permanecen cerradas.
- Utilizar una válvula de varias vías, la manguera de carga de la bomba de vacío, debe conectarse al puerto de gas del condensador.
- Abrir completamente las válvulas, tanto de gas como de líquido, aflojar la manguera de carga conectada para liberar la presión, luego retirar la manguera.
- Colocar la tuerca de ensanchamiento en el puerto de servicio de gas y apretarla bien, seguidamente colocar las tapas de las válvulas.

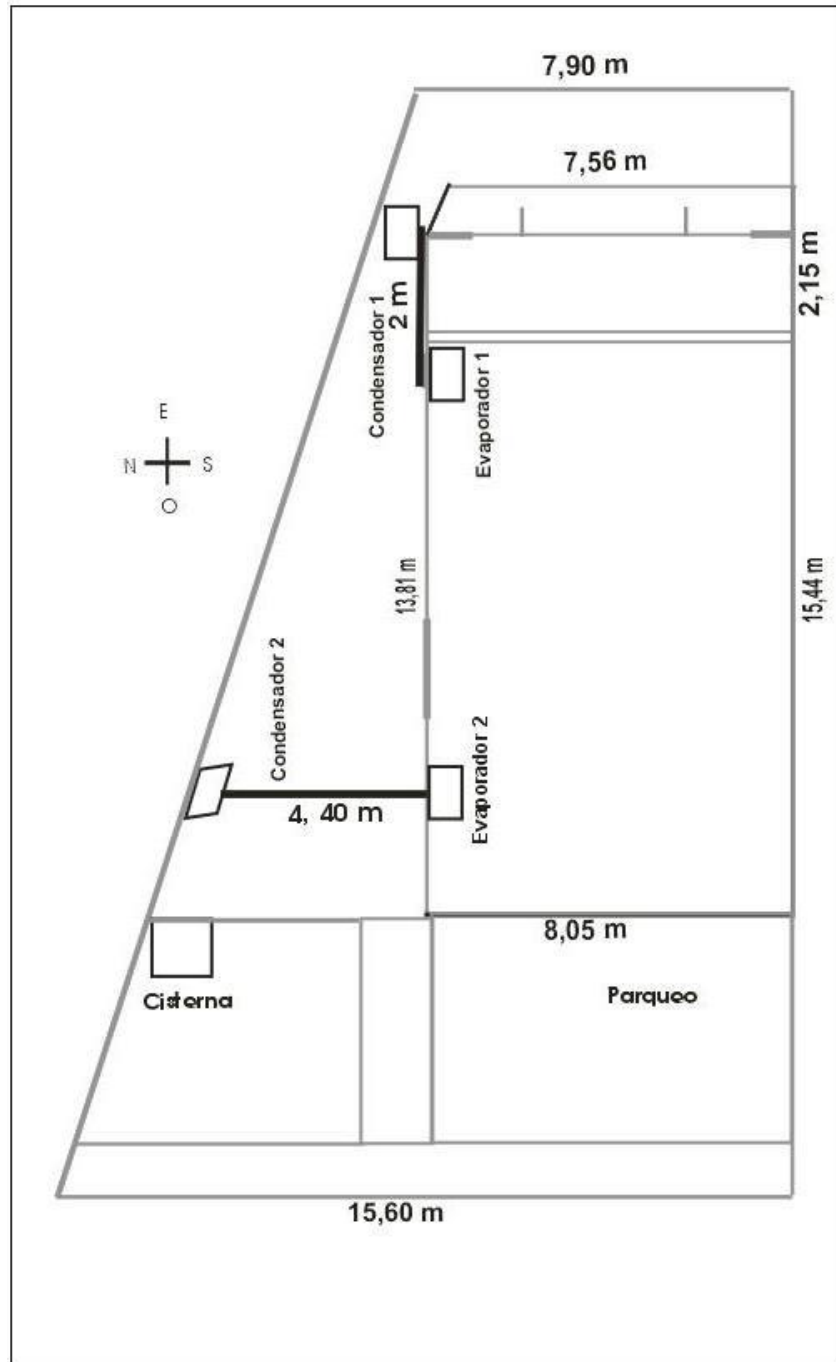
Figura 48. **Conexiones de purga de aire**



Fuente: <http://www.escueladerefrigeracion.com.pe/docs/MANUAL%20DE%20INSTALACION%20MINI%20SPLIT.pdf>. [Consulta: 10 de diciembre de 2013].

Debido a que el refrigerante R410A no es azeotrópico, este debe estar en estado líquido al cargarse al equipo. Puede realizarse mediante el cilindro girándolo hacia abajo. La cantidad de refrigerante a ingresar debe coincidir según el peso indicado por el fabricante, el cual dependerá del diámetro de tubería a utilizar.

Figura 49. Plano de disposición de equipos instalados



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD 2008.

4.3. Operación de prueba

Consiste en verificar el funcionamiento el sistema de A/C para comprobar que la instalación fue realizada correctamente, detectando las fallas, fugas y vibraciones que se puedan presentar en las distintas partes de los equipos.

4.3.1. Detección de fallas

- Verificar que el equipo fue conectado a la línea eléctrica dedicada.
- Comprobar que las conexiones eléctricas se realizaron conforme el diagrama del equipo.
- Inspeccionar que se cumplió con la conexión a tierra.
- Verificar que las conexiones de tuberías se encuentren ajustadas.
- Revisar las cimentaciones de los equipos, que posean los espacios adecuados, con las partes colindantes.

4.3.2. Detección de fugas

La prueba de hermeticidad consta de tres etapas, por medio de las cuales se puede verificar si existen fugas en las tuberías de cobre, estas deben efectuarse en las tuberías de alta presión y las de baja, utilizando nitrógeno, si durante la prueba no se tienen caídas de presión, es indicativo de que no existen fugas en la instalación.

Tabla XXII. **Etapas de prueba de hermeticidad**

No. Etapa	Presión (MPa)	Tiempo	Tipos de fugas
Etapa 1	Presurización a 0,3	3 minutos o mas	Detecta fugas importantes
Etapa 2	Presurización a 0,5	5 minutos o mas	
Etapa 3	Presurización a 3,33	24 horas aprox.	Permite detectar fugas menores

Fuente: *Manual de instalación y mantenimiento de tuberías de refrigerante DAIKIN*. p.xii.
<http://www.imacifp.com/wp-content/uploads/2012/09/HFC-407c-410a-.pdf>. [Consulta: 16 de septiembre de 2014].

Otros métodos de detectar fugas es por medio de la aplicación de agua con jabón neutro en las uniones de la tubería de cobre durante el funcionamiento, si se observa que se producen burbujas, es un indicativo que se ha encontrado una fuga. La toma de fotografías termográficas es un método eficaz para la detección de fugas, asimismo, el análisis por medio de ultrasonido industrial.

4.3.3. Detección de vibraciones

El análisis de vibraciones será realizado a través de un acelerómetro, el cual permite ver la aceleración del movimiento cuando el equipo está en funcionamiento. Asimismo, se puede detectar la vibración por medio de ultrasonido industrial.

4.4. Programación de capacitación

La capacitación se realizará en dos períodos:

- Primeramente se desarrollará el funcionamiento del sistema de A/C y las partes que lo componen. Será impartida antes de la compra de los equipos.
- El segundo período se realizará después de la compra del equipo, el cual tratará acerca de las actividades de mantenimiento preventivo, en donde se hará una demostración de la limpieza del evaporador, la capacitación será realizada en día domingo después de la reunión programada.

4.5. Programación de mantenimiento

Las distintas actividades de los tipos de mantenimiento se han programado con base en las recomendaciones del fabricante y el uso de los equipos de A/C, y las condiciones del ambiente que rodea a los equipos.

4.5.1. Programación de mantenimiento preventivo

Las actividades de mantenimiento preventivo serán realizadas acorde a la frecuencia estipulada en el manual, en donde algunas son realizadas antes de encender los equipos, mensualmente y anualmente.

Tabla XXIII. **Programación de actividades de mantenimiento preventivo**

Actividad	frecuencia
Revisión de unidades interiores y exteriores, conexiones eléctricas y a tierra, pilas de control, filtro de evaporador, cimentaciones de unidades, funcionamiento de equipos.	antes de utilizar el sistema de A/C
Limpieza de unidades interiores y exteriores, filtros de aire, lubricación de equipos, inspección de cimentaciones, chequeo de conexiones eléctricas y a tierra, pilas de control remoto y funcionamiento de equipos.	Mensualmente
Limpieza general de unidades interiores y exteriores, filtro de evaporador, revisión de válvulas y serpentín, bandeja y tubería de drenado, medición de presión, temperatura, acidez de aceite, corriente y voltaje de unidades, inspección de conexiones eléctricas y electrónicas, tuberías de cobre, cimentaciones, control remoto y funcionamiento del equipo.	Anualmente

Fuente: elaboración propia, con datos del fabricante.

4.5.2. Programación de mantenimiento correctivo

El cambio del filtro de aire será realizado en un tiempo promedio de 300 horas, el cual dependerá del estado del mismo. Las demás actividades dependerán de las fallas que puedan presentarse, y los suministros necesarios para la reparación de las mismas.

5. SEGUIMIENTO Y CONTROL

Algunas sustancias afectan y causan daño a los equipos, perturbando su funcionamiento, las cuales deben controlarse a través de los distintos programas de mantenimiento, los contaminantes de los equipos de aire acondicionado son los siguientes:

- Aire: cuando no se realiza una correcta evacuación del mismo (purga), antes de la carga de refrigerante, o el ingreso por medio de fugas, acumulándose en el condensador donde afecta el funcionamiento del equipo, debido al aumento de presión, reduciendo la capacidad de enfriamiento o bien aumentando el consumo eléctrico. Esto causa un acelerado deterioro del aislamiento del motor.
- Agua (humedad): “Se presenta en el sistema debido a una deshidratación inadecuada del equipo durante su fabricación, al proporcionarle servicio en el campo”¹⁰. Asimismo, la humedad se debe a la utilización de un lubricante incorrecto. La humedad causa formación de hielo en el dispositivo de expansión lo cual obstruye el flujo de refrigerante, generando formación de hielo en el evaporador, reduciendo la transferencia de calor, generando ácidos los cuales corroen las partes metálicas, deteriorando el aislamiento del motor, cobrización y sedimentos.

¹⁰ PITA, Edward G. *Principios y sistemas de refrigeración*. p. 233.

- Sedimentos: substancia pegajosa que se forma por la descomposición del aceite, obstruyen el flujo del refrigerante afectando el rendimiento del equipo, adicionalmente puede causar corrosión.
- Cobrizado: “La formación de una capa delgada de cobre sobre las piezas del compresor, especialmente las chumaceras y las válvulas. Tiene lugar, por lo general, por la disolución del cobre en presencia de una mezcla de aceite y refrigerante, seguida por la cobrización sobre la superficie metálica debido a las reacciones con las impurezas, el agua y el oxígeno”¹¹. Este contaminante puede afectar el funcionamiento del equipo y consecuentemente dañarlo.

El buen funcionamiento del equipo de A/C e impacto ambiental causado por la operación del mismo será controlado a través de las actividades de mantenimiento, las cuales serán realizadas con base en la planificación planteada en el manual y otras que sean necesarias.

Debido a que el refrigerante 410A es un gas causante de calentamiento global se registrarán sus especificaciones con el fin de poseer indicadores, los servirán de apoyo para el monitoreo de las mediciones obtenidas en las actividades de mantenimiento general.

¹¹ PITA, Edward G. *Principios y Sistemas de Refrigeración*. p. 233.

Figura 50. Formato de control de equipos de A/C

FICHA DE CONTROL DE EQUIPO DE A/C

Fecha: _____ Empresa: _____

Encargado: _____

Datos del equipo

Fabricante: _____ Modelo: _____

No. Serie: _____ Código: _____

Localización: _____

Capacidad (toneladas de refrigeración) : _____

Tipo de refrigerante: _____

Carga de refrigerante: _____

Temperatura: _____ Presión: _____

Corriente: _____ Voltaje: _____

Observaciones: _____

Fuente: elaboración propia.

5.1. Programa de mantenimiento preventivo

En el capítulo anterior se planteó la programación de las actividades de mantenimiento preventivo, estas serán desarrolladas por los encargados del mantenimiento del auditorium, a diferencia de las actividades de mantenimiento general que deben ser desarrolladas por técnicos especializados, debido a que los análisis requieren equipo respectivo para su realización, las cuales deben realizarse anualmente.

Dentro de las actividades del mantenimiento general se ha contemplado la medición de la presión del sistema de aire acondicionado, esto con el fin de detectar gases no condensables, ya que estos elevan la presión y la temperatura del sistema, aumentando el consumo eléctrico y por consiguiente los costos indirectos.

5.1.1. Limpieza de equipo

El filtro de la unidad interior se limpiará mensualmente con el fin de evitar obstrucciones que pueden aumentar la presión del equipo. Asimismo, se garantiza la calidad del aire debido a la eliminación de impurezas impregnadas en el filtro y pueden contaminar en el ambiente acondicionado. La limpieza completa de los equipos y tuberías de cobre y drenado se realizará anualmente, dentro las actividades del mantenimiento general.

5.1.2. Detección de fallas

En las actividades de mantenimiento preventivo se ha planificado una inspección de manera general del sistema de A/C, realizándose antes de ponerlo en funcionamiento, con la finalidad de detectar fallas que puedan

presentarse, las cuales serán solucionadas por las personas encargadas del mantenimiento del auditorium, caso contrario se solicitará el servicio técnico correspondiente a la empresa proveedora del equipo.

5.1.3. Detección de fugas

Durante las actividades de mantenimiento general se incluye la medición de presión de las unidades, esto tiene como objetivo verificar que la cantidad de refrigerante en el sistema sea la correcta. Caso contrario debe realizarse la prueba de hermeticidad, la cual es muy completa, debido que a través de ella se pueden detectar todo tipo de fugas.

5.1.4. Detección de vibraciones

Al igual que la detección de fallas, dentro de las actividades de mantenimiento rutinario, se inspeccionará el buen estado de las cimentaciones de los equipos de A/C. El daño en estos es la causa principal de vibraciones. Las que, a su vez causan deterioros a los equipos y contaminación auditiva. Además, el análisis de detección de fugas, forma parte del mantenimiento general que será realizado anualmente.

Las actividades que comprenden las rutinas de mantenimiento preventivo son controladas por medio de fichas, estas ayudan a garantizar la realización de las actividades necesarias, para la aseguración del óptimo funcionamiento del sistema de acondicionamiento ambiental. Los distintos formatos de fichas de control se detallan en las graficas 48-50.

Figura 51. Formato de control de mantenimiento preventivo rutinario

FICHA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

Fecha: _____ No. _____ Código: _____

Actividades

Inspección de unidades interiores y exteriores	
Chequeo de cables eléctricos y conexión a tierra	
Revisión de pilas de control remoto	
Verificación de filtro de evaporador	
Inspección de cimentaciones	
Funcionamiento de los equipos	
Observaciones:	
Encargado:	

Fuente: elaboración propia.

Figura 52. **Formato de control de mantenimiento preventivo mensual**

FICHA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO MENSUAL

Fecha: _____ No. _____ Código: _____

Actividades

Limpieza de unidades interiores y exteriores	
Limpieza de filtro de evaporador	
Lubricación de equipos	
Inspección de cimentaciones	
Chequeo de cables eléctricos y conexión a tierra	
Revisión de pilas de control remoto	
Funcionamiento de equipos	
Observaciones:	
Encargado:	

Fuente: elaboración propia.

Figura 53. Formato de control de mantenimiento preventivo anual

FICHA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO ANUAL

Fecha: _____ No. _____ Código: _____

Empresa: _____ Encargado: _____

Unidad evaporadora

Revisión de válvulas y serpentín	
Inspección de filtro de evaporador	
Chequeo de bandeja y tubería de drenado	
Presión	
Temperatura	
Conexiones eléctricas y electrónicas	

Unidad condensadora

Revisión de válvulas y serpentín	
Acidez de aceite	
Corriente	
Voltaje	
Presión	
Temperatura	
Conexiones eléctricas y electrónicas	

Actividades adicionales

Inspección de tuberías de cobre	
Inspección de cimentaciones	
Chequeo de control remoto	
Funcionamiento de equipos	
Observaciones:	
Recibido por:	

Fuente: elaboración propia.

5.2. Programa de mantenimiento correctivo

El reemplazo del filtro de aire se realizará, aproximadamente, a las 300 horas de funcionamiento, las demás actividades pertenecientes a este tipo de mantenimiento, serán realizadas dependiendo de las fallas presentadas en los equipos de A/C.

5.2.1. Reparación de fallas

La solución a las fallas presentadas dependerá del tipo de desperfectos encontrados en el equipo, cimentaciones, sistemas periféricos como los conductos eléctricos. En caso de ser necesario se reemplazarán partes de los equipos como: el compresor, condensador, tuberías de cobre, filtro de evaporador y compresor. Asimismo, se lubricarán las partes necesarias conforme a las indicaciones del fabricante.

5.2.2. Reparación de fugas

Los métodos a utilizar para la eliminación de fugas, dependerá del diagnóstico de detección de fugas en las uniones o tuberías de refrigerante y drenaje. Donde, de ser necesario, se cambiarán las uniones o se soldarán las tuberías de cobre, no sin antes protegerlas con el ingreso de nitrógeno para evitar la acumulación de partículas debidas a la corrosión causada por esta.

5.2.3. Eliminación de vibraciones

El procedimiento a desarrollar para la eliminación de vibraciones consistirá en el reforzamiento de las cimentaciones de los equipos y al uso de

materiales antivibratorios, a colocarse en puntos estratégicos con base en el diagnóstico de análisis previamente realizado.

El control de las actividades a realizar en el mantenimiento se registrará en la ficha (figura 53), con base en esto se tendrá el historial de labores realizadas, cambios de piezas y aditivos, el cual ayudará a mantener el *stock* apropiado de los materiales necesarios con base en la vida útil de los mismos, reduciendo las fallas en el equipo y optimizando la vida útil del mismo.

Figura 54. Formato de control de mantenimiento correctivo

FICHA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	
Fecha: _____	No. _____ Código: _____
Empresa: _____	Encargado: _____
Unidad evaporadora	
Fallas presentadas:	
Labores realizadas:	
Piezas reemplazadas:	
Unidad condensadora	
Fallas presentadas:	
Labores realizadas:	
Piezas reemplazadas:	
Sistemas periféricos	
Fallas presentadas:	
Labores realizadas:	
Piezas reemplazadas:	
Observaciones:	
Recibido por:	

Fuente: elaboración propia.

6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Algunos tipos de refrigerantes han sido restringidos, en cuanto a la producción y comercialización, debido a la creciente y acelerada contaminación del medio ambiente, y principalmente, del deterioro de la capa de ozono, así como efecto invernadero.

El Protocolo de Montreal, concerniente a las sustancias que extinguen la capa de ozono, fue diseñado para reducir la producción y consumo de dichas sustancias reduciendo su abundancia en la atmósfera con el fin de proteger la capa de ozono del planeta. Guatemala aceptó el protocolo el 23 de junio de 1989, por el Decreto Legislativo 34-89 el cual entró en vigencia el 6 de julio de 1989.

El Protocolo de Kioto tiene como objetivo reducir las emisiones de gases causantes del efecto invernadero causantes del calentamiento global. Guatemala firmó dicha Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático el 13 de junio de 1992, aprobado por el Congreso de la República el 28 de marzo de 1995, mediante el Decreto Legislativo No. 15-95 y ratificada mediante Decreto Legislativo 23-99, 7 de julio de 1999.

Los refrigerantes utilizados por los equipos propuestos son el 410A (alternativa 1), el cual es un refrigerante ecológico perteneciente al grupo de los HFC, los cuales no contienen cloro en su composición, el cual tiene un bajo impacto ambiental con relación a otros refrigerantes utilizados en los equipos *minisplit*. Al contrario de este el refrigerante R-22 (alternativa 2) pertenece a los

HCFC, los cuales han sido restringidos gradualmente por el protocolo de Montreal debido al impacto ambiental que este genera.

Tabla XXIV. **Exclusión sucesiva en el consumo de HCFC**

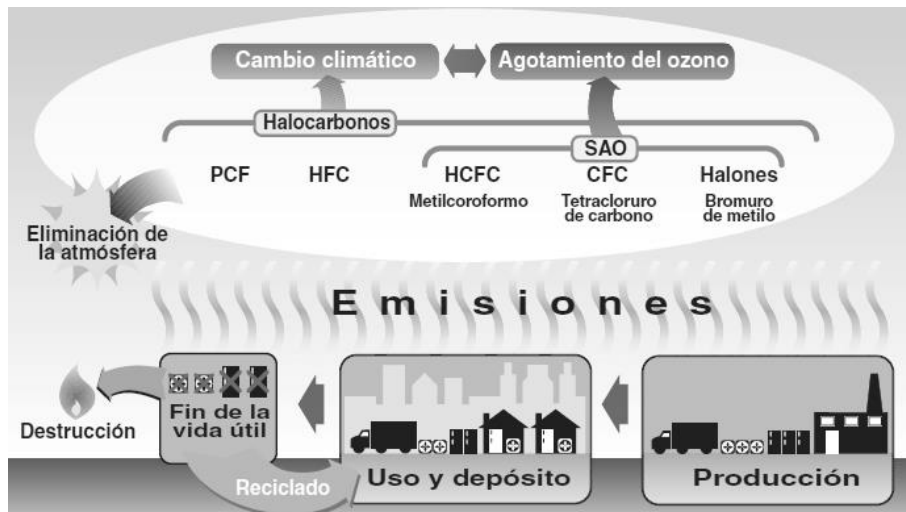
Países desarrollados (partes que no operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5)		Países en desarrollo (partes que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5)	
Nivel básico	Consumo de HCFC en 1989 + 2,8 % del consumo de CFC en 1989.	Nivel básico	Promedio 2009-10.2015.
Congelación:	1996.	Congelación:	1 de enero de 2013-2016
Reducción del 35 %	1 de enero del 2,004.	Reducción del 10 %	1 de enero de 2015.2040
Reducción del 75 %	1 de enero del 2010.	Reducción del 35 %	1 de enero del 2020
Reducción del 90 %	1 de enero del 2015.	Reducción del 67,5 %	1 de enero del 2025
Reducción del 99,5 %	1 de enero de 2020, y en lo sucesivo, consumo restringido al mantenimiento del equipo de refrigeración y A/C existente en esa fecha.	Reducción del 97,5 % (promedio de diez años 2030-40)	1 de enero del 2030, y en lo sucesivo, consumo restringido al mantenimiento del equipo de refrigeración y A/C existente en esa fecha
Reducción del 100 %	1 de enero del 2030.	Reducción del 100 %	1 de enero del 2040

Fuente: Secretaria de Ozono. *Protocolo de Montreal*.

http://ozone.unep.org/new_site/sp/Treaties/treaties_decisions-hb.php?sec_id=6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24. [Consulta: 23 de septiembre de 2014].

Guatemala, actualmente se encuentra en el periodo de congelación de consumo de los refrigerantes HCFC, razón por la cual aún se encuentra en el mercado el cual será retirado definitivamente dentro de 25 años.

Figura 55. Diagrama esquemático impacto ambiental de refrigerantes



Fuente: Programa de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente.

[http://www.unep.org/delc/Portals/119/Guide to TEAP-IPCC HFCs report-Spanish.pdf](http://www.unep.org/delc/Portals/119/Guide%20to%20TEAP-IPCC%20HFCs%20report-Spanish.pdf). [Consulta: 23 de septiembre de 2014].

6.1. Análisis de impacto ambiental por el uso de refrigerante

Se detallarán dos tipos de índices: los de impacto ambiental, directo e indirecto por medio de los cuales se obtendrá una comparación entre los dos tipos de refrigerante que utilizan los dos equipos de A/C de las alternativas planteadas para el acondicionamiento del auditorium.

6.1.1. Índices de impacto ambiental directo

Los índices que permiten determinar el impacto al ambiente, causado por la emisión de refrigerante son los siguientes:

- Potencial de agotamiento de ozono (PAO)

Es la habilidad que poseen las sustancias químicas para agotar la capa de ozono, este índice es relativo al CFC-11, el cual tiene el valor de uno siendo el valor máximo de destrucción.

- Potencial de calentamiento global (PCG)

“Es la contribución de cada uno de los gases de efecto invernadero en el calentamiento global de la atmósfera, relativa a la del dióxido de carbono (CO₂) cuyo PCG tiene por definición el valor 1. Normalmente se refiere a un intervalo de tiempo de 100 años (PCG 100)”¹².

¹² Programa de Naciones Unidas para el medio ambiente. La Capa de ozono y las SAO. <http://www.pnuma.org/ozono/curso/pdf/m1.pdf>. [Consulta: 23 de septiembre de 2014].

Tabla XXV. **Impacto ambiental de refrigerantes utilizados en los equipos**

Propiedades de los refrigerantes	R-22 (A2)	410A (A1)
Clasificación ambiental	HCFC	HFC
Potencial de agotamiento de ozono (PAO) (CFC 11= 1.0)	0,05	0
Potencial de calentamiento global (PCG) (CO ₂ =1.0)	1 810	2 088

Fuente: National Refrigerants. *Guía de refrigerantes*

http://www.refrigerants.com/pdf/2011_Ref%20Guide_print.pdf. [Consulta: 23 de septiembre de 2014].

6.1.2. Índices de impacto ambiental indirecto

El índice que permite determinar el impacto al ambiente, causado por utilización de los equipos de a/c es la eficiencia eléctrica la cual se define a continuación:

- **Eficiencia eléctrica**

En la producción de energía eléctrica se utilizan combustibles fósiles, los cuales al ser quemados, generan varios compuestos que son producto de la combustión. Entre estos se encuentra del CO, el cual es un gas de efecto invernadero, por lo cual es de suma importancia utilizar equipos de A/C que sean eficientes en cuanto al consumo eléctrico.

En la sección 3.1.1.se realizó el respectivo análisis de eficiencia del los equipos de A/C planeados de los cuales se ha seleccionado el más eficiente que consume 7.2 KW/h, siendo un consumo 75 ciento menor en comparación de equipo de la alternativa 2.

Con base en el anterior análisis de los índices de impacto ambiental, se puede concluir que: la mejor opción es el refrigerante 410A (alternativa 1), ya que este presenta menor impacto al ambiente. Debido a que sus índices son menores al del refrigerante R-22 (alternativa 2); exceptuando el de PCG, para el cual se han considerado medidas de mitigación con el objetivo de reducir emisiones al ambiente. Además de esto se ha seleccionado un equipo que trabaja con mayor eficiencia eléctrica, con el fin de reducir emisiones de CO₂ derivados del consumo eléctrico de los equipos de A/C.

6.1.3. Identificación de peligros por el uso del refrigerante

La empresa DUPONT inventó el método de clasificación de refrigerantes en 1956, posteriormente este fue convertido en ASHRAE Estándar 34, esta es la tabla de seguridad de refrigerantes que indica su toxicidad y inflamabilidad, con base en los índices TLV/TWA.

- TLV (Threshold Limit Value): “Concentración máxima permisible, expresada en la exposición al gas en el orden de 8-12 hrs, cinco días a la semana durante 40 años”¹³.

¹³ Revista digital MUNDO HVAC&R. El Standard 34 de ASHRAE Nomenclatura de los gases refrigerantes. <http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2008/01/el-standard-34-de-ashrae-nomenclatura-de-los-gases-refrigerantes/3/>. [Consulta: 23 de septiembre de 2014].

- TWA (Time- Weighted Average): “Concentración ponderada a la que puede estar expuesta una persona a los refrigerantes, expresada en horas por día”¹⁴.

Los refrigerantes están clasificados para su identificación práctica de la manera siguiente:


- La letra minúscula denota que es un fluido isómero.
- La letra mayúscula identifica a un gas como una mezcla zeotrópica y están clasificados en la serie 400.
- El número es arbitrario dependiendo de cuándo aparezca, en el caso de una mezcla es azeotrópica registrada en la serie 500.
- En la serie 700 se clasifican los refrigerantes inorgánicos

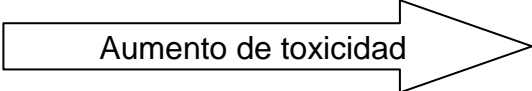
Los números en la identificación representan lo siguiente:

- Primer número de la derecha= átomos de flúor
- Segundo número hacia la izquierda = átomos de hidrógeno+1
- Tercer número hacia la izquierda =átomos de carbono -1, este no es utilizado cuando es 0.
- Cuarto número hacía la izquierda= enlaces dobles

¹⁴ Revista digital MUNDO HVAC&R. El Standard 34 de ASHRAE Nomenclatura de los gases refrigerantes. <http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2008/01/el-standard-34-de-ashrae-nomenclatura-de-los-gases-refrigerantes/3/>. [Consulta: 23 de septiembre de 2014].

Tabla XXVI. **Clasificación de seguridad de los refrigerantes**

		GRUPO DE SEGURIDAD	
 Aumento de inflamabilidad	Inflamabilidad alta	A3	B3
	Inflamabilidad media	A2	B2
		A2L*	B2L*
Sin propagación de flama	A1	B1	
		Toxicidad baja	Toxicidad alta



Aumento de toxicidad

* A2L y B2L son refrigerantes inflamabilidad inferiores con la velocidad máxima de combustión de <math><10\text{ cm / s}</math> (3.9 in / s) los cuales fueron aprobados por el comité de normas en febrero del 2010.

Fuente: Programa de Naciones Unidas para el medio ambiente.

[http://www.unep.org/ozonaction/Portals/105/documents/virtualexpo/crh2013-](http://www.unep.org/ozonaction/Portals/105/documents/virtualexpo/crh2013-WatsonTom%20(ASHRAE).pdf)

WatsonTom%20(ASHRAE).pdf. [Consulta: 23 de agosto de 2014].

Tabla XXVII. **Clasificación de seguridad de refrigerantes utilizados en equipos propuestos**

Clasificación de seguridad de refrigerantes ASHRAE Estándar 34	
Refrigerante	Clasificación
R-410A	A1
R-22	A1

Fuente: National Refrigerants. *Guía de refrigerantes*
http://www.refrigerants.com/pdf/2011_Ref%20Guide_print.pdf. [Consulta: 23 de septiembre de 2014].

6.2. Contaminación auditiva

En la actualidad, la contaminación auditiva es la causante de problemas de salud como la sordera, dolor de cabeza, ansiedad y fatiga, razón por la cual es importante analizar el nivel de ruido generado por el funcionamiento de equipos de A/C con el fin de evitar la contaminación acústica en la comunidad.

El nivel de ruido máximo que emite el sistema de A/C al funcionar es de 65 dB(A), es el nivel permitido por la Municipalidad de Guatemala, que es de 65 dB(A) durante el día, según el Acuerdo COM-2-2012, por lo que se conjetura que el funcionamiento del equipo no genera contaminación auditiva.

6.3. Contaminación visual

La instalación de los equipos de A/C no afecta la estética del edificio, debido a que estos se colocarán en puntos estratégicos en donde no afecta la arquitectura del lugar, principalmente en el interior del recinto, donde las

unidades evaporadoras se colocarán en ventanas que serán reforzadas, para no afectar el machihembrado del cielo falso.

Además, la unidad interior cercana al área de exposiciones se ha dispuesto instalarla a lado izquierdo del mismo, con el fin de no obstaculizar la atención y concentración de los asistentes de las reuniones, en caso de que se necesite realizar un ajuste en la unidad evaporadora, durante el desarrollo de las reuniones.

6.4. Medidas de mitigación

Estas tienen la finalidad de reducir el impacto ambiental debido al uso del sistema de a/c causado por las emisiones de refrigerante al ambiente; siendo esta la principal contribuyente del efecto invernadero.

6.4.1. Mantenimiento preventivo de equipo

En el mantenimiento rutinario se han tomado medidas, con el fin de tener una pronta detección de anomalías en el funcionamiento del equipo de A/C, siendo las principales causantes de impactos ambientales.

Principalmente, en las actividades de mantenimiento general, se ha estipulado la verificación de: presión, temperatura, corriente y voltaje de funcionamiento de los equipos, con el objetivo de detectar las fugas y anomalías en los mismos, que generan aumento de consumo causando aumento de emisión de CO₂ y costos de funcionamiento. Además se chequearán las cimentaciones, las cuales son causas principales de vibraciones; adicionalmente generan ruido.

6.4.2. Detección y reparación de fugas

Como anteriormente se describió, la actividad de detección de fugas, se realizará anualmente, utilizando el equipo preciso. También será realizada cuando sea necesario, aplicando agua y jabón a la tubería y uniones de los conductos de refrigerante. La reparación dependerá de la gravedad de daño encontrado en el sistema de conductos de los equipos.

6.4.3. Detección y eliminación de vibraciones

Este análisis será realizado con una frecuencia de 12 meses, durante las actividades de mantenimiento preventivo general. El cual será solucionado dependiendo de la anomalía encontrada en las cimentaciones de los equipos, generalmente es la causa principal de traspaso de vibraciones.

CONCLUSIONES

1. En el proceso de montaje del equipo de A/C se obtuvo un aprovechamiento de los recursos: espacio, materiales y monetario: en el espacio dispuesto se obtuvo una reducción del 42 por ciento en la instalación del evaporador 2, la utilización de materiales se redujo en un 40 por ciento de tubería de cobre requerida, esto permite una reducción del 40 por ciento en costos de materiales requeridos. El VPN refleja que la alternativa 1 brinda una reducción de costos de Q. 2 981,18 durante 5 años de funcionamiento del equipo. Por medio de la TIR se determinó que el excedente de la inversión inicial se recupera a una tasa del 5 ciento mensual, recuperándose en su totalidad en 30 meses.
2. El equipo de aire acondicionado propuesto, permite tener un aumento del 75 ciento de eficiencia eléctrica, con respecto a la alternativa 2 (R-22), donde se tiene un bajo consumo eléctrico 7200 W/h durante su funcionamiento. Permitiendo reducir las emisiones de CO₂ causados por la obtención de energía eléctrica.
3. La programación de mantenimiento preventivo permite la inspección constante del buen funcionamiento del equipo de A/C. El mantenimiento general será desarrollado anualmente con el objetivo de controlar posibles anomalías que, consiguientemente, aumentan el consumo eléctrico y las emisiones de refrigerante al medio ambiente, las cuales son perjudiciales al medio ambiente.

4. El análisis de impacto ambiental realizado, brinda los siguientes índices: PAO 0, PCG 2 088. Sonido: 65 dB, de los cuales se puede decir que el PCG es alto en relación a la otra alternativa; este será evitado a través de las medidas de mitigación determinados durante las actividades de mantenimiento, tales como: detección de fallas y fugas y la eliminación de las mismas en caso se presenten. El sonido generado por el equipo durante su funcionamiento, es el permitido según el reglamento de la Municipalidad de Guatemala. La clasificación del refrigerante es A1, indica que no es inflamable y es de baja toxicidad, la ubicación de los equipos de aire acondicionado no afectan la estética del edificio.

RECOMENDACIONES

1. En el montaje de maquinaria y equipo, además del peso y dimensiones, debe considerarse el tipo de movimiento, con el objetivo de diseñar cimentaciones que no permitan el traslado de vibraciones, porque son causantes de esfuerzos que pueden provocar el desgaste o fractura de piezas del equipo.
2. Al adquirir un equipo de A/C es importante considerar el tipo de refrigerante utilizado, debido a que algunos de estos, tienen altos índices de impacto ambiental, por lo que están siendo retirados del mercado; esto generará dificultad al realizar recargas que pueden necesitarse posteriormente.
3. Es importante considerar la eficiencia eléctrica a la que trabaja el equipo, con el fin de reducir las emisiones de CO₂, causadas por el consumo eléctrico.
4. Es imprescindible que el mantenimiento preventivo general sea realizado una vez al año como mínimo, con el fin de detectar anomalías y fallas, para mitigar el impacto ambiental que genera el funcionamiento de los equipos de acondicionamiento de aire.

BIBLIOGRAFÍA

1. CANICER ROYO, Enrique. *Aire Acondicionado*. México: Paraninfo, 1991. 133 p.
2. CASTILLO, Alberto de Jesús. *Evaluación de aislantes de vibración en prototipos*. Trabajo de graduación Ing. Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 749 p.
3. DEPARTAMENTO INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO, *Manual de instalación y mantenimiento de tuberías de refrigerante 410A*, [en línea]. <<http://www.imacifp.com/wp-content/uploads/2012/09/HFC-407c-410a-pdf>>. [Consulta: 16 de septiembre de 2014].
4. ELONKA, Stephen Michael; et al. *Refrigeración y acondicionamiento de aire*, Hector Federico Ling Altamirano (trad.), México: McGraw–Hill, 1988. 421 p.
5. ESCRIBÁ MORALES, Estuardo. *Implementación de un sistema de climatización en las oficinas de la Escuela de Ingeniería Mecánica*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 117p.

6. ESPINOZA CIFUENTES, Fernando. *Montaje e instalación de plantas Industriales*, [en línea].
<<http://campuscurico.usalca.cl/~fespinos/Montaje%20e%20Instalacion%20Introduccion.pdf>> [Consulta: 23 de febrero de 2014].
7. FIGUEROA FUENTES, Mynor. *Manual para el curso de montaje y mantenimiento de equipo*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 105 p.
8. GONZÁLEZ RUIZ, Jaime Diego. *Estudio de impacto ambiental para el centro de regeneración de refrigerantes de la universidad Pontificia Bolivariana*. Trabajo de MSc en Ing. Ambiental, Universidad Pontificia Bolivariana, 2012. 247 p.
9. HERNÁNDEZ DE SOSA, Dora Ninette. *Actualización de la monografía del municipio de Mixco*. Trabajo de graduación de Lic. Pedagogía y Administración Educativa, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Humanidades, 2011. 108 p.
10. IBERMUTUAMUR. *Calidad del aire interior*, [en línea].
<http://www.seguridadysalud.ibermutuamur.es/IMG/pdf/Calidad_del_aire_interior.pdf> [Consulta: 10 de enero de 2015].
11. INDURA. Hoja de seguridad de R-410A, [en línea].
<http://www.indura.net/_file/file_1897_da-ss0-r410ahds-00.pdf> [Consulta: 03 de marzo de 2014].

12. INNOVAIR. *Características de equipo minisplit*, [en línea]. <http://innovair.com/wpcontent/uploads/2012/09/Innovair_EVH_VEXUS_MS_SP.pdf> [Consulta: 02 de diciembre de 2013].
13. INSIVUMEH [en línea]. <<http://www.insivumeh.gob.gt/>>[Consulta: 20 de agosto de 2014].
14. JUÁREZ ALVARADO, César Antonio. *Estudio analítico de los efectos causados por el aislamiento de las vibraciones en cimentaciones de maquinaria industrial*, Trabajo de MSc. en Ing. Estructural, Universidad Autónoma de Nuevo León, México, 1998. 283 p.
15. MCQUINSTON, Faye C; et al. *Calefacción, ventilación y aire acondicionado*, Esteban Torres Alexander (trad.), México: Limusa, S. A., 2003. 622 p.
16. MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA, *Reglamento para la autorización y el uso de megáfonos y equipos de sonido expuestos al público en el Municipio de Guatemala*. [en línea]. <<http://www.muniguate.com/index.php/medioambiente/95-notas/10132-decibeles>> [Consulta: 03 de marzo de 2014].
17. NATIONAL REFRIGERANTS, *Guía nacional de refrigerantes*, [en línea]. <http://www.refrigerants.com/pdf/2011_Ref%20Guide_print.pdf> [Consulta: 23 de septiembre de 2014].

18. OCHOA GALINDO, Douglas Engemberth. *Instalación equipos de refrigeración industrial*. Trabajo de graduación Ing. Mecánica Eléctrica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 411p.
19. PITA, Edward G. *Principios y sistemas de refrigeración*. México: Limusa 1992. 497p.
20. PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE.
[en línea]. <<http://www.pnuma.org/ozono/curso/pdf/m1.pdf>>
[Consulta: 23 de septiembre de 2014].
21. Revista digital MUNDO HVAC&R, [en línea].
<<http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2008/01/el-standard-34-de-ashrae-nomenclatura-de-los-gases-refrigerantes/3/>> [Consulta: 23 de septiembre de 2014].
22. ROJAS TORRES, María Yessenia. *Manual de evaluación de impacto ambiental*. Trabajo de graduación Ing. Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 162 p.
23. RUANO DOMÍNGUEZ, René. *Sistemas de refrigeración- evaluación de eficiencia integral*, [en línea].
<http://www.energianow.com/Articulos/sistema_refrigeracion_eficiencia.pdf>. [Consulta: 03 de diciembre de 2013].

24. TORRES, Sergio Antonio. *Ingeniería de plantas*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 256 p.
25. TZIAN CANO, Carlos Alejandro. *Mantenimiento preventivo para sistemas de aire acondicionado por una empresa de servicio*, Trabajo de graduación de Ing., Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de ingeniería, 1997. 60 p.

APÉNDICES


Promedios anuales de velocidad del viento, ciudad de Guatemala

Año	Velocidad anual (Km/h)	Año	Velocidad anual (Km/h)
1991	11,6	2003	5,3
1992	3,8	2004	8,9
1993	5,0	2005	16,3
1994	6,7	2006	17,0
1995	6,7	2007	5,7
1996	4,5	2008	11,3
1997	5,2	2009	10,1
1998	5,4	2010	9,7
1999	5,3	2011	7,2
2000	5,3	2012	10,2
2001	5,5	2013	16,6
2002	6,1		

Fuente: página web INSIVUMEH.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de cálculo de carga de refrigeración



CARRIER INTERNATIONAL LIMITED
SELECTOR DE ACONDICIONADORES DE AIRE
 (Para habitaciones entre 75 y 80° F de temperatura)

CLIENTE: _____ FECHA: _____
 DIRECCION: _____ ESTIMADO POR: _____

CATEGORIA	TAMAÑO		FACTOR	(BTU/H) CARGA																														
	LAT. N	LAT. S																																
1. VENTANAS EXPUESTAS AL SOL (Usar únicamente la ventana con la orientación que produzca la mayor carga)	S, E	N, E	p.f.	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><th colspan="5">Temperatura Exterior (F°)</th></tr> <tr><th>50</th><th>55</th><th>100</th><th>105</th><th>110</th></tr> <tr><td>42</td><td>45</td><td>50</td><td>55</td><td>60</td></tr> <tr><td>77</td><td>80</td><td>85</td><td>90</td><td>95</td></tr> <tr><td>95</td><td>100</td><td>105</td><td>110</td><td>115</td></tr> <tr><td>57</td><td>60</td><td>65</td><td>70</td><td>75</td></tr> </table>	Temperatura Exterior (F°)					50	55	100	105	110	42	45	50	55	60	77	80	85	90	95	95	100	105	110	115	57	60	65	70	75
	Temperatura Exterior (F°)																																	
	50	55	100		105	110																												
	42	45	50		55	60																												
	77	80	85		90	95																												
95	100	105	110	115																														
57	60	65	70	75																														
SO	NO	p.f.	×																															
O	O	p.f.																																
NO, SE	NE, SO	p.f.																																
			=																															
2. OTRAS VENTANAS NO INCLUIDAS EN 1.			p.c. ×	=																														
3. PAREDES EXPUESTAS AL SOL (Considere solamente la pared con igual orientación que la ventana en 1.)	Construcción Liviana		p.l.	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td>60</td><td>70</td><td>80</td><td>80</td><td>100</td></tr> <tr><td>40</td><td>50</td><td>60</td><td>70</td><td>90</td></tr> </table>	60	70	80	80	100	40	50	60	70	90																				
	60	70	80		80	100																												
40	50	60	70	90																														
Construcción Maciza (12" de grueso o con aislamiento)		p.l.	×																															
4. PAREDES EXTERIORES NO INCLUIDAS EN 3.			p.l. ×	=																														
5. PAREDES INTERIORES	(Si el espacio adyacente no está acondicionado)		p.l. ×	=																														
6. TECHO	Habitación No Acondicionada Arriba		p.c.	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td>1</td><td>3</td><td>5</td><td>7</td><td>9</td></tr> <tr><td>8</td><td>10</td><td>13</td><td>15</td><td>17</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>14</td><td>16</td><td>18</td><td>20</td><td>22</td></tr> </table>	1	3	5	7	9	8	10	13	15	17	3	3	4	4	5	7	8	9	10	11	3	3	4	4	5	14	16	18	20	22
	1	3	5		7	9																												
	8	10	13		15	17																												
	3	3	4		4	5																												
	7	8	9		10	11																												
3	3	4	4	5																														
14	16	18	20	22																														
Con Daeván	Sin Aislamiento	p.c.																																
Arriba	Aislamiento de 2" o más	p.c.	×																															
Horiz. con cielo raso	Sin Aislamiento	p.c.																																
	Aislamiento de 2" o más	p.c.																																
	Concreto sin Aislam. o cielo raso		p.c.																															
7. PISO	(Espacio debajo no acondicionado, o "vide sanitaire"—No incluir pisos contruidos sobre el suelo o con sótano debajo)		p.c. ×	=																														
8. PERSONAS	(Incluye ventilación)		núm. ×	=																														
9. LUCES Y APARATOS ELECTRICOS EN FUNCIONAMIENTO			watts ×	=																														
10. PUERTAS QUE SE MANTIENEN NORMALMENTE ABIERTAS			p.l. ×	=																														

TIPO DE APLICACION (basados en 12 horas de operación)	T Tip.	Ewb a usar Cond. a mantener	
		80F/50%	75F/50%
Computadoras electrónicas	22	67	62
Oficinas	25	67	62
Tiendas, Viviendas	30	67	62
Restaurants, Teatros	40	72	67

CARGA TOTAL = TC = _____
 CFM = $\frac{\text{CARGA TOTAL}}{T}$ (ver tabla a la izquierda)
 CFM = _____
 Ewb = _____ (ver tabla a la izquierda)

COMO ESCOGER EL ACONDICIONADOR: Con el Ewb y el CFM ya determinados, búsque en las tablas de capacidad (Cooling Capacities) de los boletines informativos, la unidad que produce una capacidad igual o mayor a la carga total (TC) calculada bajo las condiciones de temperatura exterior normales para la zona.

Fuente: Carrier Internacional

Anexo 2. Hoja de seguridad de refrigerante R 410 A

INDURA

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD
NCh 2245 Of. 2003



Edición:	Fecha:	Emi: W. Pérez	Rev.: L. Díaz / J. Barrera	Apr.: R. Keller
DA-SSO-R410aHDS-00	08/04/2010			

NOMBRE DEL PRODUCTO: GAS REFRIGERANTE R-410a

1. PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA COMPAÑÍA

INDURA S.A.

Las Américas 585
Cod. Postal 9230117
Cerrillos, Santiago.

NUMERO DE TELEFONO

56-2-5303000

NUMERO DE TELEFONO LAS 24 HORAS, PARA EMERGENCIA

800-800 505

NOMBRE DEL PRODUCTO: Gas Refrigerante R-410a

NOMBRE QUÍMICO: Mezcla de Gases Refrigerantes R-125 y R-32

NOMBRES COMUNES / SINÓNIMOS: No disponible

CLASIFICACION NU: 2.2

2. COMPOSICIÓN, INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES

INGREDIENTE	VOLUMEN %	PEL-OSHA	TLV-ACGIH	D.S. N° 594		LD ₅₀ o LC ₅₀ Ruta / especie
				LPP	LPT	
Gas Refrigerante R-32 FORMULA: CH ₂ F ₂ CAS: 75-10-5	50	No disponible	1000 ppm	No aplica	No Aplica	No disponible
Gas Refrigerante R-125 FORMULA: CF ₃ CHF ₂ CAS: 345-33-6	50	No disponible	1000 ppm	No aplica	No Aplica	No disponible

Continuación de anexo 2.

INDURA

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD
NCh 2245 Of. 2003



NOMBRE DEL PRODUCTO: GAS REFRIGERANTE R-410a

3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Resumen de Emergencias

Gas licuado, con leve olor e incoloro. Si es inhalado en altas concentraciones puede ser fatal, debido al desplazamiento del aire. Se debe evitar el contacto con ojos, piel y ropas en general.

RUTA DE ENTRADA:

Contacto con la Piel	Absorción por la Piel	Contacto con los Ojos	Inhalación	Ingestión
Sí	No	Sí	Sí	No

EFFECTOS SOBRE LA SALUD:

Limites de Exposición No	Irritante Sí	Sensibilización No
Teratógeno No	Peligro Reproductivo No	Mutágeno No
Efectos Sinérgicos Ninguno Reportado		

EFFECTOS EN LOS OJOS:

El contacto de líquido sobre los ojos causa irritación. Se estima que los vapores pueden ser ligeramente irritantes.

EFFECTOS SOBRE LA PIEL:

El contacto excesivo puede causar irritación (debido a su acción desengrasante) y posiblemente congelación (debido al efecto de refrigeración de la evaporación).

EFFECTOS DE INGESTION:

No aplicable.

EFFECTOS DE INHALACION:

Presenta bajos índices de toxicidad según pruebas realizadas en animales. Cuando los niveles de oxígeno en aire se reducen a 12-14 % por desplazamiento se pueden presentar síntomas de asfixia, pérdida de coordinación, incremento en la velocidad del pulso, depresión respiratoria y hasta llegar a la muerte. En niveles por encima de los mencionados, puede presentar arritmia cardíaca.

Continuación de anexo 2.

INDURA

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD
NCh 2245 Of. 2003



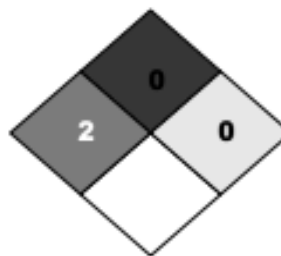
NOMBRE DEL PRODUCTO: GAS REFRIGERANTE R-410a

CLASIFICACIÓN DE RIESGOS DEL PRODUCTO SEGÚN NCH 1411/4

- Salud
- Inflamable
- Reactividad
- Riesgos Especiales

Riesgo

- 0** Insignificante
- 1** Ligero-Suave
- 2** Moderado-Medio
- 3** Alto-Severo
- 4** Muy Alto-Extremo



4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

OJOS:

Enjuague inmediatamente los ojos con abundante agua, por lo menos por 15 minutos. Trasladar a centro asistencial de salud.

PIEL:

Enjuague rápidamente la zona afectada con abundante agua hasta que se elimine todo el producto. Si existe evidencia de congelación, lave (tratando de no frotar demasiado su piel) con agua tibia (no caliente), en ausencia de agua cubra su piel con apósitos suaves y limpios. Traslado a centro asistencial de salud, para pronta y oportuna atención.

INGESTION:

No aplicable.

INHALACION:

LA PRONTA ATENCION MEDICA ES OBLIGATORIA EN TODOS LOS CASOS DE SOBRE-EXPOSICION. EL PERSONAL DE RESCATE DEBERIA ESTAR EQUIPADO CON EQUIPOS DE RESPIRACION AUTONOMOS. Las víctimas deberían ser removidas a un área no contaminada e inhalar aire fresco. La rápida remoción del área contaminada es de la mayor importancia. Si la respiración se ha detenido, debe dárseles resucitación artificial y oxígeno suplementario. Tratamiento adicional debería ser sintomático y de apoyo.

Continuación de anexo 2.

INDURA

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD
NCh 2245 Of. 2003



NOMBRE DEL PRODUCTO: GAS REFRIGERANTE R-410a

5. MEDIDAS CONTRA INCENDIOS

Condiciones de Inflamabilidad: Gas no inflamable		
Punto de Inflamación: No disponible	Método: No aplica	Auto-ignición No disponible
LEL(%): No aplica	UEL(%): No aplica	
Productos de combustión peligrosos: compuestos halogenados; aluros de hidrógeno; Haluros de carbonilo. Monóxido de carbono, dióxido de carbono(co2)		
Sensibilidad a impacto mecánico: ninguna		
Sensibilidad a descarga Estática: no disponible		

PELIGROS DE EXPLOSION E INCENDIOS:

Esta mezcla de gases es no inflamable, por lo que se puede usar cualquier agente extintor, se recomienda elegir compuesto más apropiado dependiendo de los materiales que estén cerca del área y sean combustibles.

MEDIOS DE EXTINCION:

Si no hay riesgo, se debe detener la fuga cerrando la válvula. Los cilindros cercanos al fuego deben ser retirados y los que se encuentren expuestos al fuego deben ser enfriados rociándolos con agua desde un lugar seguro.

INSTRUCCIONES PARA APAGAR INCENDIOS:

Aplique medios de extinción adecuados a materiales combustibles involucrados en el fuego, evite el sobrecalentamiento de los contenedores (cilindros), por aumento de presión estos pueden colapsar.

6. MEDIDAS POR LIBERACIÓN ACCIDENTAL

En caso de un escape despejar el área afectada, evacuando hacia un lugar contrario a la dirección del viento que cubra por lo menos 100 metros a la redonda. Proteger a la gente y responder con personal entrenado. Si es posible, cerrar la válvula del cilindro para detener el escape. Si no se logra detener (o si no es posible llegar a la válvula), permitir que el gas se escape en su lugar o mover el cilindro a un sitio seguro, alejado de fuentes de ignición.

Se debe tener mucha precaución cuando mueva un cilindro de gas refrigerante con escape. Monitorear el nivel de oxígeno presente en el área con el fin de detectar posibles deficiencias de oxígeno, teniendo en cuenta que el contenido de oxígeno debe estar por encima del 19.5%.

Continuación de anexo 2.

INDURA

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD
NCh 2245 Of. 2003



NOMBRE DEL PRODUCTO: GAS REFRIGERANTE R-410a

7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

CLASIFICACIÓN ELÉCTRICA:

No peligroso.

Use sólo en áreas bien ventiladas. Las tapas de protección de válvulas deben permanecer en su lugar, a menos que el contenedor esté asegurado con una salida de válvula con cañerías al punto de uso. No arrastre, deslice o ruede cilindros. Use una carretilla adecuada para el movimiento de cilindros. Use un regulador de reducción de presión al conectar un cilindro a cañerías o sistemas de baja presión. No caliente el cilindro por ningún medio para aumentar la velocidad de descarga del producto desde el cilindro.

Proteja los cilindros del daño físico. Almacénelos en un área fría, seca, bien ventilada, de construcción no combustible, lejos de las áreas con gran tráfico y de las salidas de emergencia. No permita que la temperatura donde se encuentren almacenados los cilindros exceda los 52 °C. Los cilindros deberían almacenarse de manera vertical y asegurados firmemente, para impedir que caigan o sean golpeados. Use el sistema de inventario de "primero que entra - primero que sale" para impedir que los cilindros completos sean almacenados por excesivos períodos de tiempo.

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN, PROTECCIÓN PERSONAL

LIMITES DE EXPOSICION:

INGREDIENTE	VOLUMEN %	PEL-OSHA	TLV-ACGIH	D.S. N° 594		LD ₅₀ o LC ₅₀ Ruta / especie
				LPP	LPT	
Gas Refrigerante R-32 FORMULA: CH ₂ F ₂ CAS: 75-10-5	50	No disponible	1000 ppm	No aplica	No Aplica	No disponible
Gas Refrigerante R-125 FORMULA: CF ₃ CHF ₂ CAS: 345-33-6	50	No disponible	1000 ppm	No aplica	No Aplica	No disponible

CONTROLES DE INGENIERIA:

Para la manipulación de este gas se debe proveer ventilación mecánica, adecuada para cumplir con los requisitos de la TVL, y así minimizar la exposición.

PROTECCION A LOS OJOS/FACIAL:

Gafas o anteojos de seguridad, como sea apropiado para el trabajo.

Continuación de anexo 2.

INDURA

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD
NCh 2245 Of. 2003



NOMBRE DEL PRODUCTO: GAS REFRIGERANTE R-410a

PROTECCION A LA PIEL:

Guantes protectores hechos de látex o caucho. Guantes protectores hechos de cualquier material adecuado.

PROTECCION RESPIRATORIA:

Equipos de respiración autónoma o línea de aire comprimido para situaciones de emergencia en lugares confinados.

PROTECCION GENERAL / OTRA:

Zapatos de seguridad u otro calzado apropiado para el trabajo.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

PARAMETRO	VALOR	UNIDADES
Estado físico (gas, líquido, sólido)	Gas	
Presión de vapor	14.844	hPa
Densidad de vapor (Aire = 1)	3	
Punto de evaporación	No disponible	
Punto de ebullición	-51.5	°C
Punto de congelación	No disponible	
pH	No Aplicable	
Masa Molecular	72.6	g/mol
	No disponible	
Coefficiente de partición de aceite / agua		
Solubilidad (H ₂ O)	Insignificante	
Umbral de olor	No Aplicable	
Olor y apariencia	Gas incoloro, con leve olor	

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

ESTABILIDAD:

Estable.

MATERIALES INCOMPATIBLES:

Bajo condiciones específicas: (temperaturas y/o presiones muy altas). Superficies de aluminio recién esmeriladas: las desgasta, pueden causar una fuerte reacción

Continuación de anexo 2.

INDURA

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD
NCh 2245 Of. 2003



NOMBRE DEL PRODUCTO: GAS REFRIGERANTE R-410a

exotérmica. Metales químicamente activos, sodio, potasio, calcio, polvo de aluminio, magnesio y zinc.

POLIMERIZACION PELIGROSA:

No aplicable

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

No se han dado datos sobre los efectos crónicos en el Registro de Efectos Tóxicos de Sustancias Químicas.


12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

No existe información.

13. CONSIDERACIONES DE DISPOSICIÓN

No intente disponer de desperdicios residuales o cantidades no usadas. Devuelva en el contenedor de envío, PROPIAMENTE ETIQUETADO, CON CUALQUIER TAPON O TAPA DE SALIDA DE VALVULA ASEGURADOS Y CON LA TAPA DE PROTECCION DE LA VALVULA EN SU LUGAR a INDURA S.A. o distribuidor autorizado para su disposición apropiada.

14. INFORMACIÓN DE TRANSPORTE

PARAMETRO	NCh 2190 Of. 2003
NOMBRE DE ENVIO	Gas Refrigerante R-410a
CLASE DE PELIGRO	2.2
NUMERO NU	3163
ETIQUETA DE ENVIO (ROMBO)	

Fuente: INDURA. Hoja de seguridad de R-410A.http://www.indura.net/_file/file_1897_da-ssor410ahds-00.pdf. [Consulta: 03 de marzo de 2014].