



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

**TEMA:**

**Diseño y cálculo de un sistema industrial de climatización con unidades de paquete y split ducto para la Azucarera Valdez S.A. de la ciudad de Milagro**

**AUTOR:**

PARREÑO GRIJALVA, BERNARDO JOÉL

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de  
**INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

**TUTOR:**

VALLEJO SAMANIEGO, LUIS VICENTE

Guayaquil, Ecuador

16 de Septiembre del 2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Parreño Grijalva, Bernardo Joel**, como requerimiento para la obtención del Título de **INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA**.

TUTOR

---

VALLEJO SAMANIEGO, LUIS VICENTE

DIRECTOR DE LA CARRERA

---

HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO

Guayaquil, a los 16 días del mes de Septiembre del año 2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Parreño Grijalva, Bernardo Joél**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación **“Diseño y cálculo de un sistema industrial de climatización con unidades de paquete y split ducto para la Azucarera Valdez S.A. de la ciudad de Milagro”** previa a la obtención del Título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 16 días del mes de Septiembre del año 2016

EL AUTOR

---

PARREÑO GRIJALVA, BERNARDO JOÉL



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Parreño Grijalva, Bernardo Joél**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Diseño y cálculo de un sistema industrial de climatización con unidades de paquete y split ducto para la Azucarera Valdez S.A. de la ciudad de Milagro”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 16 días del mes de Septiembre del año 2016

EL AUTOR

---

PARREÑO GRIJALVA, BERNARDO JOÉL

# REPORTE URKUND

The screenshot shows the URKUND web interface. The browser tabs include 'Intranet UCSG', 'URKUND - Log in', 'Inicio - URKUND', and 'D21539882 - ttbparreno20...'. The address bar shows a secure URL. The interface includes a search bar, a user profile for 'Luis Vallejo Samaniego', and a 'Lista de fuentes' (List of sources) section. The document details on the left include: 'Documento: ttbparreno20160827.pdf (D21539882)', 'Presentado: 2016-08-29 15:28 (-05:00)', 'Recibido: luis.vallejo.ucs@analysis.urkund.com', and 'Mensaje: Mostrar el mensaje completo'. A yellow box indicates '4% de esta aprox. 39 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 11 fuentes.' The list of sources on the right includes links to various documents and websites.

1 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA: Ingeniería en Eléctrico -Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial TÍTULO: "Diseño y Cálculo de un sistema de acondicionamiento de aire industrial con unidades tipo split ducto para el área de Cuarto Control Motores Centrífuga de Primera de la Azucarera Valdez." AUTOR: Parreño Grijalva Bernardo Joél TUTOR: Ing. Vallejo Samaniego Luis, M. Sc. Guayaquil, Ecuador 2016 2 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA: Ingeniería en Eléctrico -Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial CERTIFICACIÓN Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Bernardo Joél Parreño Grijalva, como requerimiento parcial para la obtención del Título de Ingeniería en Eléctrico -Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial. TUTOR \_\_\_\_\_ Ing. Vallejo Samaniego Luis, M. Sc. DIRECTOR DE LA CARRERA \_\_\_\_\_ Ing. Heras Sánchez Miguel Armando, M. Sc. Guayaquil, Septiembre del año 2016 3 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA: Ingeniería en Eléctrico -Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Yo, Bernardo Joél Parreño Grijalva DECLARO QUE: El Trabajo de Titulación "Diseño y Cálculo de un sistema de acondicionamiento de aire industrial con unidades tipo split ducto para el área de Cuarto Control Motores Centrífuga de Primera de la Azucarera Valdez" previa a la obtención del Título de Ingeniería en Eléctrico -Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido. Guay aquil, Septiembre del año 2016 EL AUTOR \_\_\_\_\_ Bernardo Joél Parreño Grijalva 4 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por haber sido uno de los pilares más importantes al momento desarrollar este proyecto.

A mis padres, por su apoyo incondicional y ayuda en esta etapa de mi vida. A mis hermanos, por brindarme la confianza para seguir adelante y no detenerme a pesar de las adversidades y cansancio.

A mi enamorada que me ayudó de manera fundamental en el proyecto, apoyándome, incentivándome a conseguir mi meta y jamás bajar los brazos.

A mi tutor, por su confianza y darme las pautas necesarias para poder hoy concluir con este proyecto.

EL AUTOR

PARREÑO GRIJALVA, BERNARDO JOÉL

## **DEDICATORIA**

Este proyecto va dedicado primero a Dios, por brindarme la sabiduría que necesitaba en el momento indicado, por darme la paciencia para continuar en este largo camino. También va dedicado a mi familia que me ayudó y apoyó en todo momento, mostrándome su confianza y cariño

A mis padres, mis hermanos, mi familia y mis amigos.

**EL AUTOR**

**PARREÑO GRIJALVA, BERNARDO JOÉL**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**VALLEJO SAMANIEGO, LUIS VICENTE**

TUTOR

---

**HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO**

DIRECTOR DE CARRERA

---

**MENDOZA MERCHÁN EDUARDO VICENTE**

COORDINADOR DE ÁREA



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**

**DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

**CALIFICACIÓN**

---

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>20</b>
1.1 Justificación .....	20
1.2 Planteamiento del problema.....	21
1.3 Objetivos.....	21
1.3.1 Objetivo general.....	21
1.3.2 Objetivos específicos .....	21
1.4 Tipo de investigación.....	22
1.5 Hipótesis .....	22
1.6 Metodología.....	22
<b>PARTE I MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>24</b>
<b>CAPÍTULO 2 ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE INDUSTRIAL. ....</b>	<b>24</b>
2.1 Acondicionamiento de aire.....	24
2.2 Refrigeración .....	27
2.2.1 Fundamentos.....	27
2.2.2 Aplicaciones más implementadas en refrigeración. ....	30
2.2.3 Ciclo invertido de Carnot.....	30
2.2.4 Parámetros principales del ciclo de refrigeración.....	31
2.2.5 Partes que componen un sistema de acondicionamiento de aire por compresión. .34	
2.2.5.1 Evaporador.....	36
2.2.5.2 Condensador .....	36
2.2.5.3 Compresor.....	37

2.2.5.4 Válvulas de expansión .....	40
2.2.5.5 Líneas de succión y descarga.....	40
2.2.5.6 Presostatos .....	41
2.3 Acondicionamiento de aire en un Centro de Control de Motores (CCM).....	45
2.3.1 Funcionamiento .....	46
2.3.2. Ventajas que ofrece un CCM.....	46
2.3.3 Importancia de un sistema de acondicionamiento de aire en un CCM.....	47
2.4 Sistemas de acondicionamiento de aire industrial. ....	48
2.4.1 Sistema de aire acondicionado central split.....	48
2.4.1.1 Aspectos de funcionamiento.....	50
2.4.1.2 Requisitos de Operación .....	51
2.4.1.3 Instalación.....	51
2.4.1.4 Mantenimiento.....	53
2.4.2 Sistemas tipo paquete. ....	53
2.4.2.1 Formas de operación.....	55
2.4.2.2 Requisitos de ubicación.....	56
2.4.2.3 Instalación.....	57
2.4.2.4 Mantenimiento.....	58
2.4.3 Sistemas tipo Chiller.....	58
2.4.3.1 Formas de operación.....	60
2.4.3.2 Requisitos de ubicación.....	61
2.4.3.3 Instalación.....	62
2.4.3.4 Mantenimiento.....	62
2.5 Comparación de sistemas tipo paquete y tipo dividido. ....	63

2.6 Tipos de rejillas para el uso de ductos de distribución de aire. ....	63
<b>CAPÍTULO 3 ESTUDIO DEL BALANCE TÉRMICO DE LAS CARGAS.....</b>	<b>65</b>
3.1 Cargas de enfriamiento. ....	65
3.2 Efecto de almacenamiento de calor .....	65
3.3 Estudio general del área a climatizar .....	67
3.4 Criterios para el cálculo de cargas de enfriamiento. ....	69
3.4.1 Ganancias de calor sensible. ....	70
3.4.1.1 Conducción a través de una estructura exterior. ....	70
3.4.1.2 Conducción a través de una estructura interior.....	73
3.4.1.3 Radiación solar a través de ventanas. ....	73
3.4.1.4 Alumbrado .....	74
3.4.2 Ganancias de calor latente. ....	76
3.4.2.1 Personal.....	76
3.4.2.2 Equipos .....	77
3.4.3 Carga generada por ventilación. ....	77
3.4.4 Ganancia de calor por medio de infiltración.....	78
<b>CAPÍTULO 4 SELECCIÓN DE UN EQUIPO DE REFRIGERACIÓN.....</b>	<b>79</b>
4.1 Criterios para selección del equipo .....	79
4.2 Elección del sistema de acondicionamiento de aire.....	80
4.2.1 Elección en base a la naturaleza del local.....	81
4.2.2 Calidad del sistema .....	82
4.2.3 Factores en consideración .....	83
4.3 Ductos del sistema de climatización.....	84

4.3.1 Diseño del sistema de ductería.....	85
<b>CAPÍTULO 5 CRITERIOS PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS COMPLEMENTARIOS .....</b>	<b>86</b>
5.1 Tuberías de drenaje.....	86
5.2 Conexión eléctrica .....	88
5.2.1 Requisitos eléctricos para una unidad tipo split.....	89
5.2.2 Requisitos estructurales para una unidad tipo split.....	89
5.2.3 Requisitos eléctricos para una unidad tipo paquete .....	90
5.2.4 Requisitos estructurales para una unidad tipo paquete .....	90
5.3 Tuberías de refrigeración.....	91
5.3.1 Tipos de tuberías.....	92
5.3.2 Líneas de gas caliente .....	94
5.3.3 Líneas de succión.....	94
5.4 Filtro deshidratante .....	95
5.4.1 Humedad.....	96
5.4.2 Polvo .....	96
5.4.3 Ácidos .....	96
5.4.4 Barro y barnices .....	97
5.5 Visores o indicadores de humedad y líquido .....	98
<b>PARTE II APORTACIONES .....</b>	<b>100</b>
<b>CAPÍTULO 6 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>100</b>
6.1 Ubicación del proyecto.....	100
6.2 Referencia del proyecto .....	101

6.3 Descripción del estado actual del proyecto.....	101
<b>CAPÍTULO 7 CÁLCULO DE LAS CARGAS DEL PROYECTO .....</b>	<b>103</b>
7.1 Datos de planteamiento para el área de CCM Centrifuga de Primera .....	103
7.2 Cálculo de las cargas de enfriamiento para las estructuras exteriores e interiores del área de CCM Centrifuga de Primera.....	103
<b>CAPÍTULO 8 DISEÑO DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>114</b>
8.1 Vista General desde Autodesk del área de Centrifuga .....	114
8.2 Explicación del diagrama de Autodesk .....	114
<b>CAPÍTULO 9 PRESUPUESTO .....</b>	<b>119</b>
9.1 Generalidades.....	119
9.2 Costo del sistema de climatización.....	120
9.2.1 Costos por materiales.....	120
9.2.2 Costo por mano de obra .....	122
9.3 Costo por mantenimiento de ducto .....	123
<b>CAPÍTULO 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>124</b>
10.1 Conclusiones.....	124
10.2 Recomendaciones .....	125
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>127</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>130</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>131</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Medidas y capacidades de unidades condensadoras.....	48
Tabla 2: Medidas y capacidades de unidades evaporadoras.....	49
Tabla 3: Capacidades y medidas de una unidad tipo paquete.....	54
Tabla 4: Capacidades y medidas de un Chiller.....	59
Tabla 5: Diferencias entre un sistema tipo dividido frente a uno tipo paquete .....	63
Tabla 6: Recomendaciones para la selección de un sistema de acondicionamiento de aire .....	80
Tabla 7: Puntuación de 0 a 5 puntos de importancia en regulación de parámetros específicos para diversas aplicaciones.....	83
Tabla 8: Tipos de tuberías de cobre.....	93
Tabla 9: Síntesis del diseño de cálculo del sistema de climatización del área de CCM Centrífuga de primera .....	105
Tabla 10: Costo de materiales correspondientes a equipos e implementos necesarios para el montaje.....	121
Tabla 11: Costo de materiales correspondiente a ductos y rejillas.....	121
Tabla 12: Costo de mano de obra proyecto CCM Centrífuga .....	122
Tabla 13: Costo por mantenimiento de ducto.....	123

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de refrigeración por compresión.....	28
Figura 2: Ciclo de Carnot .....	31
Figura 3: Proceso de un sistema de climatización .....	35
Figura 4: Partes de un sistema de acondicionamiento de aire por compresión .....	35
Figura 5: Corte longitudinal de un compresor recíprocante hermético .....	38
Figura 6: Corte transversal de un compresor rotatorio .....	39
Figura 7: Funcionamiento de la válvula termostática de expansión con ecualizador interno .....	40
Figura 8: Presostato de alta y baja combinado. ....	42
Figura 9: Vista general de la instalación de un aire acondicionado tipo split ( evaporador + condensador ).....	50
Figura 10: Unidad de aire acondicionado tipo paquete .....	54
Figura 11: Partes que componen una unidad de tipo paquete.....	56
Figura 12: Modo de instalación de una unidad tipo paquete con ducto de acople .....	57
Figura 13: Modo de ventilación en una unidad tipo paquete.....	58
Figura 14: Chiller Carrier .....	59
Figura 15: Diagrama de flujo de calor donde se indican la ganancia de calor, el almacenamiento de calor y la carga de enfriamiento.....	66
Figura 16: Diferencia entre la ganancia instantánea de calor y la carga de enfriamiento que resulta del efecto de almacenamiento de calor.....	67
Figura 17: Línea de drenaje construida por una tubería de material PVC, más los accesorios conectados al evaporador .....	88

Figura 18: Fijación del ducto del sistema de climatización al entretecho .....	90
Figura 19: Tubería rígida de cobre .....	93
Figura 20: Tubería en rollos de cobre .....	94
Figura 21: Filtros deshidratantes .....	98
Figura 22: Estado de soldadura en un filtro .....	99
Figura 23: Referencia Google Maps de la ubicación de la Azucarera Valdez S.A. ....	100
Figura 24: Vista General del área de CCM Centrífuga de primera .....	104
Figura 25: Perspectiva del área de CCM Centrífuga, Brazo A-B.....	116
Figura 26: Perspectiva del área de CCM Centrífuga, Brazo B' - C.....	117
Figura 27: Salida del ducto, medición y codo .....	118

## **RESUMEN**

El acondicionamiento de aire esencialmente está basado en tres principios termodinámicos: el calor se transmite de la temperatura más alta hacia la más baja, el cambio de estado de líquido a gas absorbe calor, la presión y la temperatura están directamente relacionadas. El objetivo de este proyecto es desarrollar un modelo óptimo para el cálculo de un sistema de climatización. En este proyecto pueden encontrar las bases suficientes para poder realizar el diseño y cálculo de un sistema de climatización aplicado a áreas de producción en la industria. La intención de este proyecto es proporcionar una orientación e información vital para la práctica del dimensionamiento de los equipos que se necesitan para climatizar un lugar. Es necesario conocer valores exactos, en cuanto al área que se desea climatizar, su superficie y volumen; para contar con un sistema eficaz. De no ser así, se puede tener un sistema deficiente de climatización; por eso es recomendable redimensionar la capacidad que se necesita o tener un equipo emergente para cuando uno de los equipos entre en mantenimiento o en avería. Esta consideración es de vital importancia porque un error puede causar pérdidas en cuanto a lo económico en la industria.

**PALABRAS CLAVES:** TERMODINÁMICOS; CALOR; TEMPERATURA; DISEÑO; MANTENIMIENTO; PÉRDIDAS.

## **ABSTRACT**

The air conditioning is based essentially on three thermodynamic principles: The heat is transmitted from the highest to the lowest temperature, changing state from liquid to gas absorbs heat, pressure and temperature are directly related. The objective of this project is to develop an optimal model for the calculation of an air conditioning system. In this project we can find sufficient basis to perform the design and calculation of an air conditioning system applied to production areas in the industry. The intent of this project is to provide guidance and vital to the practice of sizing of the equipment needed to heat one place. You need to know exact values, as to the area to be air conditioned, surface and volume; to have an effective system. Otherwise, you may have poor air conditioning system; therefore advisable to resize the capacity needed or have an emerging team when one of the teams enters maintenance or breakdown. This vital consideration because an error can cause losses in terms of economics in the industry. Air conditioning equipment recommended for this project are Trane units , assembled in Mexico with American banks because their franchise comes from the US . Mexico is already a world power capable of producing these teams with equal to American standards .

**KEYWORDS:** THERMODYNAMIC; HEAT; TEMPERATURE; DESIGN;  
MAINTENANCE; ECONOMICS.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Justificación

El propósito del siguiente trabajo de tesis consiste en climatizar una área de producción de un ingenio azucarero: Área de Centro de Control de Centrífuga de primera, de vital importancia en lo que concierne a la producción de azúcar y a la generación de energía eléctrica, puesto que el Ingenio Azucarero Valdez S.A. a más de producir azúcar también genera energía eléctrica por medio del bagazo como combustible para auto-abastecerse y vender excedentes de energía.

El área de Centrífuga tienen su respectivo cuarto de control de motores ya que todo su proceso de producción desde la transportación de la caña para producir azúcar y la utilización del bagazo hasta las calderas es automatizado y mecanizado, por ende alberga tableros eléctricos, automatización, tarjetas eléctricas y electrónicas que permiten operar los controles de maquinarias y todo el proceso de producción. Al ejecutar estas funciones, los equipos generan grandes cantidades de calor, lo que requiere de una climatización eficaz para evitar posibles sobrecargas que entorpecerían el correcto desempeño de las mismas, o en el caso de las tarjetas se calienten demasiado y envíen señales equivocadas que provoquen malos funcionamientos, cargas excesivas, deterioro de las máquinas, y como resultado, mayor consumo de electricidad.

## **1.2 Planteamiento del problema**

La problemática de este proyecto surge a partir de la importancia de mantener áreas de procesos críticos correctamente climatizadas, puesto que, depende de un buen sistema de climatización el éxito de la producción, tanto de azúcar como de energía eléctrica que se consigue a través del funcionamiento de los cuartos de control de las diferentes áreas.

Este proyecto implica una gran responsabilidad, que es mantener en óptimo estado el área de producción, debido a que una mínima falla en el sistema de climatización o alguna descoordinación podría generar grandes pérdidas para la industria, las mismas que se podrían ver reflejadas en tiempo, producción, y dinero. De ahí parte el estudio del área, estudio de la carga calorífica, humedad, temperatura ambiente y demás factores que contribuyen al cálculo, diseño y selección de los equipos de climatización.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Determinar el cálculo y el diseño de un sistema de acondicionamiento de aire para un área críticas de la Azucarera Valdez

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar las características de los sistemas de acondicionamiento de aire industrial.
- Determinar el cálculo de las cargas de enfriamiento.

- Seleccionar el equipamiento para el sistema de climatización.
- Determinar los criterios para la instalación de los equipos y los sistemas complementarios.

#### **1.4 Tipo de investigación**

El tipo de investigación de este proyecto es de carácter documental, descriptivo y analítico debido a que mediante una inspección se lleva a cabo un análisis que determina la necesidad de enfriamiento para cada área que se desea climatizar.

#### **1.5 Hipótesis**

Este proyecto busca fortalecer la correcta operación de una fábrica productora de azúcar, con la finalidad de que la misma tenga un servicio de calidad en la producción del azúcar para los ecuatorianos. El estudio que se va a realizar requiere de una mano de obra especializada y de equipos confiables para su implementación. La suma del todo nos dará como resultado un ambiente de confort y estabilidad de producción.

#### **1.6 Metodología**

La metodología de este proyecto se lleva a cabo mediante una inspección técnica del área de trabajo que será objeto de estudio de este proyecto de tesis.

1. Se realiza una solicitud de otorgamiento a la industria para poder realizar el proyecto de mejora aplicable a una de sus áreas.
2. Inspección del área que va a ser estudio del proyecto de titulación.
3. Cálculo de la capacidad en BTU que se requieren para climatizar el área.
4. Búsqueda de equipos de climatización aplicables a la industria.
5. Diseño de la infraestructura y ubicación de los equipos.
6. Diseño de los ductos conectados a los equipos de climatización.

# PARTE I MARCO TEÓRICO

## CAPÍTULO 2

### ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE INDUSTRIAL.

#### 2.1 Acondicionamiento de aire.

El acondicionamiento de aire esencialmente está basado en tres principios termodinámicos: el calor se transmite de la temperatura más alta hacia la más baja, el cambio de estado de líquido a gas absorbe calor, la presión y la temperatura están directamente relacionadas.

Normalmente el acondicionamiento de aire es asociado por la mayoría de las personas al enfriamiento del aire, sin embargo esta asociación no es suficiente, es por ello que vamos a referirnos al acondicionamiento de aire con el siguiente concepto:

*“El acondicionamiento de aire es el proceso de tratamiento del mismo en un ambiente interior con el fin de establecer y mantener los estándares requeridos de temperatura, humedad, limpieza y distribución.”*

Para mantener los estándares requeridos es importante conocer como se controlan estas condiciones:

- Temperatura: la temperatura del ambiente se puede controlar calentándolo o enfriándolo, al calentar una sustancia, sus moléculas aceleran sus movimientos a gran velocidad y esto genera una energía que se denomina

calor. A su vez, si enfriamos la sustancia, la aceleración de las moléculas se detiene causando que baje la temperatura.

- **Humedad:** se comprende la humedad como el contenido de vapor de agua que hay en el aire, y se la puede controlar aumentando o eliminando vapor de agua del aire, también se lo conoce como el proceso de humidificación o deshumidificación.
- **Limpieza:** se refiere a la calidad del aire interior y se puede controlar mediante filtración o por ventilación. Si es por filtración se utilizan filtros para detener el paso de contaminantes y eliminar las partículas de polvo, de no ser controlados estos factores se podría llegar a tener problemas en los sistemas eléctricos. En el caso de la ventilación, se suministra flujo de aire desde el exterior para eliminar posibles contaminantes que se encuentren en el interior.
- **Distribución:** tiene que ver con la velocidad del flujo de aire y a donde se va a distribuir, este flujo de aire es controlado por un equipo de distribución de aire.

Estos factores (temperatura, humedad, limpieza del aire y distribución) de no mantenerlos bajo un debido control podrían ocasionar severos problemas en lo que respecta a sistemas eléctricos alojados en los armarios de los cuartos de control de motores (CCM), y en su defecto problemas en procesos industriales. (HUMBERTO, 2009)

**Calor.-** el calor (representado con la letra  $Q$ ) es la energía transferida de un sistema a otro (o de un sistema a sus alrededores) debido en general a una diferencia de

temperatura entre ellos. El calor que absorbe o cede un sistema termodinámico depende normalmente del tipo de transformación que ha experimentado dicho sistema. El calor es por tanto la transferencia de parte de dicha energía interna de un sistema a otro, con la condición de que ambos estén a diferente temperatura. Sus unidades en el Sistema Internacional son los julios (J). (Martín & Serrano, 2008)

La expresión que relaciona la cantidad de calor que intercambia una masa  $m$  de una cierta sustancia con la variación de temperatura  $\Delta t$  que experimenta es:

$$Q = mc \Delta t$$

$c$  = es el calor específico de la sustancia.

**Calor latente.-** El calor absorbido o cedido en un cambio de fase no se traduce en un cambio de temperatura, ya que la energía suministrada o extraída de la sustancia se emplea en cambiar el estado de agregación de la materia. Este calor se denomina calor latente. (Martín & Serrano, 2008)

Calor latente ( $L$ ) o calor de cambio de estado, es la energía absorbida o cedida por unidad de masa de sustancia al cambiar de estado. De sólido a líquido este calor se denomina calor latente de fusión, de líquido a vapor calor latente de vaporización y de sólido a vapor calor latente de sublimación. En el Sistema Internacional, el calor latente se mide en J/kg. (Martín & Serrano, 2008)

La cantidad de calor que absorbe o cede una cantidad  $m$  de sustancia para cambiar de fase viene dada por:

$$Q = mL$$

**Calor sensible.-** Cuando se calienta una sustancia y su temperatura aumenta, a este aporte de calor se le llama calor sensible. Así mismo, cuando se extrae calor de una sustancia y su temperatura desciende, a este calor extraído también se le llama calor sensible. (Tu aire acondicionado web, 2015)

**Entalpía.-** La entalpía es la cantidad de energía calorífica de una sustancia.

## **2.2 Refrigeración**

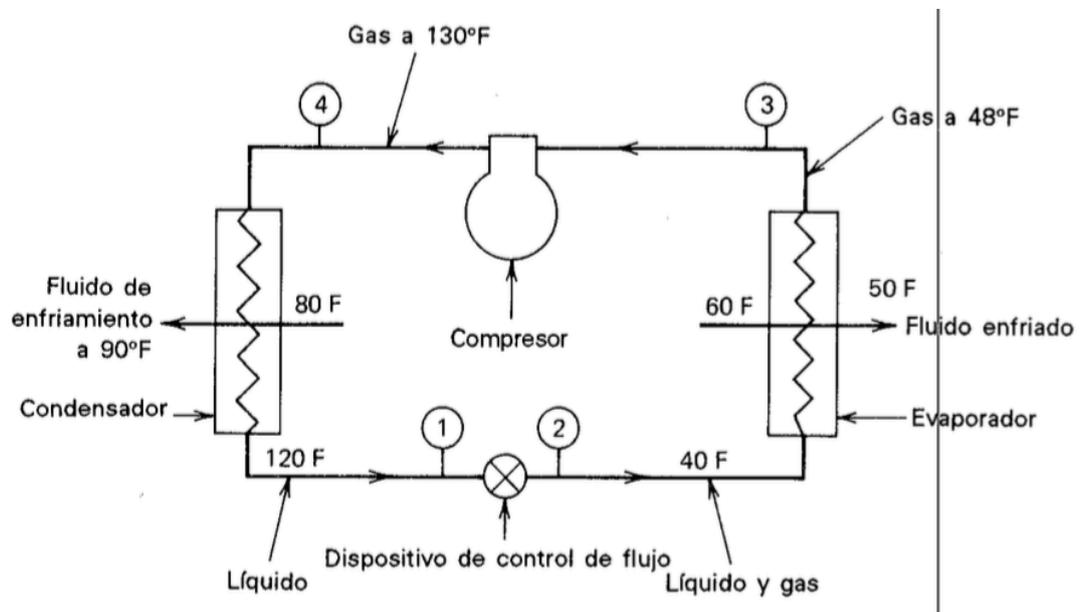
Se denomina refrigeración a la acción de extraer calor de un espacio, ocasionando que la temperatura de dicho espacio disminuya a valores que están por debajo de la temperatura ambiente. Este cambio de temperatura (enfriamiento) se logra por la evaporación del líquido refrigerante que pasa a través del serpentín del evaporador. (Buenaño Sánchez & Esparza Montero, 2010)

El refrigerante es la sustancia que se utiliza en un sistema de acondicionamiento de aire por compresión, que es el más habitual en lo que respecta a la climatización industrial y es del cual se tratará en este trabajo de tesis. Las propiedades del refrigerante influyen de forma importante en el diseño de un sistema de acondicionamiento de aire industrial. (Ramírez Espinoza, 2013)

### **2.2.1 Fundamentos**

La figura 1 muestra un esquema que indica los componentes básicos de un sistema de refrigeración por medio de compresión de vapor (método más implementado). Se indican temperaturas características para el proceso del acondicionamiento de aire.

Las flechas mostradas en la figura muestran el recorrido que hace el gas refrigerante a través de las cañerías de cobre y el equipo, hay 4 procesos señalados (compresión, condensación, expansión y evaporación) que se refieren al cambio de estado del fluido cuando circula por el sistema.



**Figura 1:** Ciclo de refrigeración por compresión

Fuente: <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/12059/1/TESIS%20%20AIRE%20ACONDICIONADO.pdf>

- FASE 1-2. En el punto 1, el refrigerante se encuentra en estado líquido a una presión y temperatura relativamente alta. Pasa a 2 a través de una restricción, que se llama dispositivo de control de flujo, o también dispositivo de expansión. El refrigerante pierde presión al pasar por la restricción.

La presión en 2 es tan baja que se evapora una pequeña parte del refrigerante, pasando al estado gaseoso. Pero para evaporarse debe ganar calor, que toma de la parte del refrigerante que no se evaporó, de tal manera que enfría la mezcla, produciendo la baja temperatura en 2.

- FASE 2-3. El refrigerante pasa a través de un cambiador de calor llamado evaporador. Este cambiador tiene dos circuitos. El refrigerante circula por uno y el otro fluido por enfriar, que generalmente es aire o agua. El fluido por enfriar está a una temperatura ligeramente mayor que la del refrigerante, y por lo tanto se transfiere calor desde el mismo hasta el refrigerante, y se produce el efecto de enfriamiento que se desea. El refrigerante hierve debido al calor que recibe en el evaporador. Para cuando sale del evaporador está vaporizado por completo.
- FASE 3-4. Al salir del evaporador, el refrigerante es un gas a baja temperatura y baja presión. Para poder volver a usarlo y obtener continuamente el efecto de evaporación, se debe regresar a las condiciones de 1: líquido a alta presión. El primer paso en este proceso es aumentar la presión del refrigerante gaseoso mediante el empleo de un compresor. Al comprimir el gas también se tiene un aumento de su temperatura.
- FASE 4-1. El refrigerante sale del compresor en estado gaseoso a alta temperatura y presión. Para cambiar al estado líquido, se le debe eliminar calor. Esto se logra en un cambiador de calor que se llama condensador. El refrigerante fluye a través de uno de los circuitos del condensador. En el otro pasa un fluido de enfriamiento, aire o agua, a menor temperatura que el refrigerante. Por lo tanto, el calor se transfiere del refrigerante al fluido de enfriamiento y como resultado de ello, el refrigerante se condensa y pasa a la forma líquida 1.

El refrigerante ha vuelto a su estado inicial y está listo para repetir el ciclo. Desde luego, estos procesos en realidad son continuos al circular el refrigerante a través del sistema.

### **2.2.2 Aplicaciones más implementadas en refrigeración.**

Las aplicaciones comunmente utilizadas en el campo de refrigeración son:

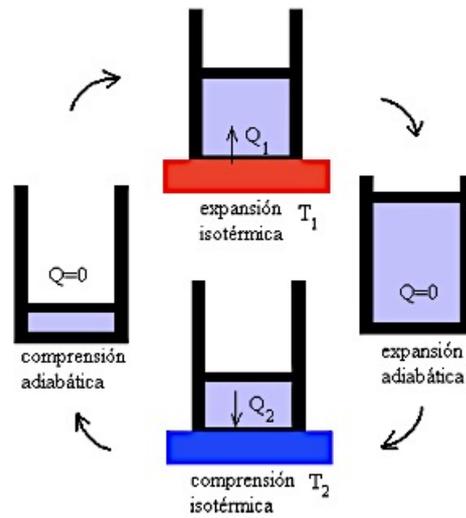
- Acondicionamiento de aire para confort humano
- Acondicionamiento de aire industrial

En los procesos industriales existen condiciones que deben mantenerse, y eso depende de la estructura del área, de los equipos instalados en la misma, mientras que para el confort humano se estima las necesidades del cuerpo y su comodidad en un espacio establecido.

Los procesos industriales están destinados a conseguir determinadas condiciones ambientales que hacen posible o mejoran el proceso de producción, influyendo sobre sus características y calidad; de manera que independientemente del clima interior, se lleve acabo el proceso de fabricación con normalidad durante todo el año.

### **2.2.3 Ciclo invertido de Carnot.**

El ciclo de Carnot se define como un proceso cíclico reversible que utiliza un gas perfecto, y que consta de dos transformaciones isotérmicas y dos adiabáticas, tal como se muestra en la siguiente figura:



La representación gráfica del ciclo de Carnot en un diagrama p-V es el siguiente

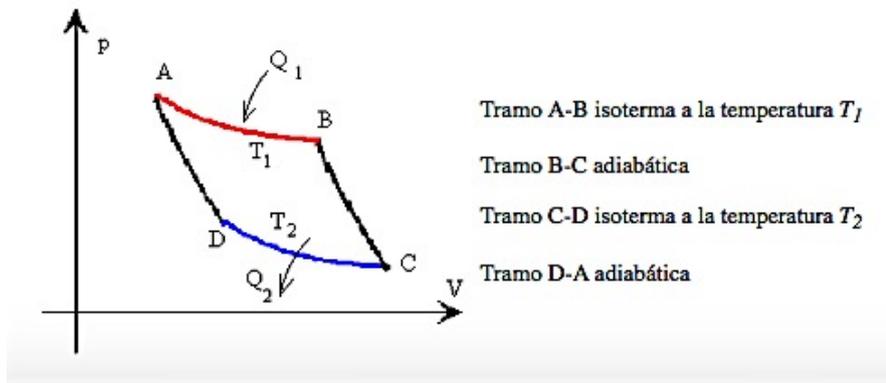


Figura 2: Ciclo de Carnot

Fuente: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/carnot/carnot.htm>

## 2.2.4 Parámetros principales del ciclo de refrigeración.

Los siguientes parámetros corresponden al ciclo de refrigeración:

- Trabajo de compresión

La siguiente expresión muestra la definición del trabajo de compresión:

$$W_C = h_2 - h_1$$

Donde:

$W_C$ : Trabajo de compresión. [KJ/Kg]

$h_1$ : Entalpía del vapor saturado, en el punto de estado 1. [KJ/Kg]

$h_2$ : Entalpía del vapor sobrecalentado, en el punto de estado 2. [KJ/Kg]

- El calor cedido del refrigerante al medio por medio del condensador

El calor cedido del refrigerante al medio por medio del condensador se muestra en la siguiente expresión:

$$q_{cond} = h_2 - h_3$$

Donde:

$q_{cond}$ : Calor de condensación. [KJ/Kg]

$h_2$ : Entalpía del vapor sobrecalentado, en el punto de estado 2. [KJ/Kg]

$h_3$ : Entalpía del líquido saturado, en el punto de estado 3. [KJ/Kg]

- Efecto refrigerante

Se entiende como efecto refrigerante a la cantidad de calor que es absorbida por el refrigerante en el intercambiador de calor, y viene dada por la expresión:

$$q_o = h_1 + h_4$$

$q_o$ : Efecto refrigerante. [KJ/Kg]

$h_1$ : Entalpía del vapor saturado, en el punto de estado 1. [KJ/Kg]

$h_4$ : Entalpía del líquido saturado, en el punto de estado 4. [KJ/Kg]

- Flujo másico

La masa de refrigerante que fluye para producir la capacidad de refrigeración que se requiere, viene dada por:

$$\dot{m} = \frac{Q}{Q_o}$$

Donde:

$\dot{m}$ : Flujo másico de refrigerante. [Kg/s]

Q: Capacidad frigorífica requerida. [KW]

- Coeficiente de funcionamiento

La relación entre el efecto refrigerante y el trabajo de compresión viene dada como coeficiente de funcionamiento ( $COP_R$ ). Manifiesta la efectividad de la energía que se consume en el proceso de compresión, con relación a la energía que es absorbida en el proceso de evaporación está definida mediante la siguiente expresión:

$$COP_R = \frac{q_o}{W_c} > 1$$

Donde:

$q_o$ : Efecto refrigerante. [KJ/Kg]

$W_c$ : Trabajo de compresión. [KJ/Kg]

- Potencia teórica

La potencia que indica el compresor es esencialmente la potencia del sistema, y está expresada por la siguiente ecuación:

$$P = \dot{m} * W_c$$

Donde:

P: Potencia teórica requerida por el compresor. [KW]

- Eficiencia del ciclo de refrigeración

La eficiencia del ciclo de refrigeración esta relacionada directamente con el ciclo invertido de carnot mediante su comparación, y se define mediante la siguiente ecuación:

$$n_R = \frac{COP_R}{COP_{RC}}$$

Donde:

$\eta_R$ : Eficiencia del ciclo de refrigeración (Buenaño Sánchez & Esparza Montero, 2010)

### **2.2.5 Partes que componen un sistema de acondicionamiento de aire por compresión.**

Un sistema de acondicionamiento de aire comúnmente está compuesto por 5 elementos fundamentales, los mismos que se encargan del proceso de enfriamiento y distribución del aire. Cada elemento tiene su función y son los siguientes:

- Evaporador
- Condensador
- Compresor
- Válvula de expansión
- Líneas de succión y descarga

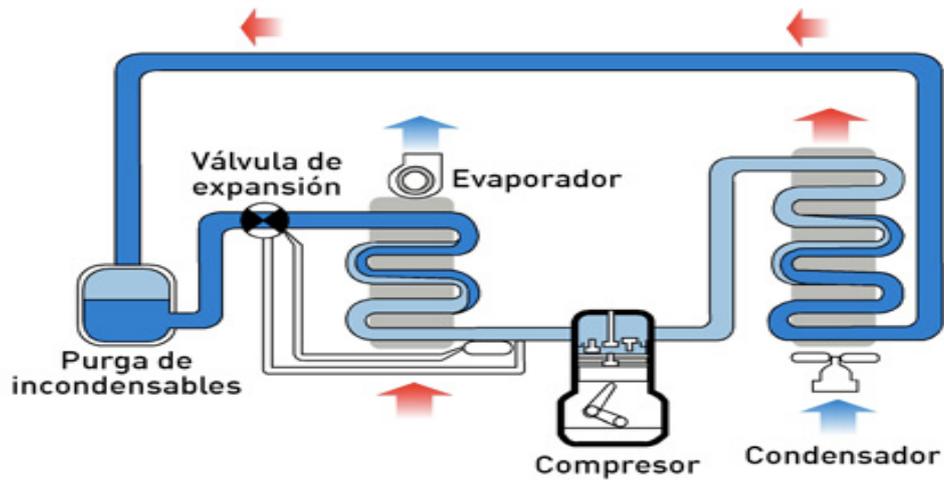


Figura 3: Proceso de un sistema de climatización

Fuente: [https://conservacionenfrio.wordpress.com/2011/08/img\\_01.jpg](https://conservacionenfrio.wordpress.com/2011/08/img_01.jpg)

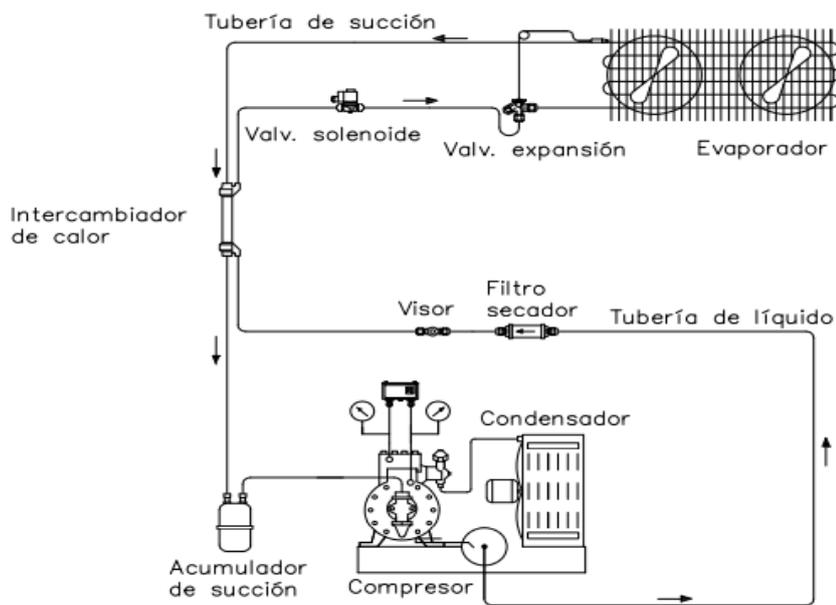


Figura 4: Partes de un sistema de acondicionamiento de aire por compresión

Fuente: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/394/1/15T00445.pdf>

### **2.2.5.1 Evaporador**

El evaporador se encarga de extraer calor sensible y latente del aire succionado, consiste en un intercambiador de calor entre el fluido refrigerante y el aire. Están dispuestos por el tipo de aplicación, por consiguiente pueden ser de ventilación forzada o de ventilación natural. (Vélez Sisalima & Muñoz Morocho, 2015)

El evaporador es un intercambiador de calor que se encuentra, dentro del fluido refrigerante, para que el aire ceda calor a éste, provocando su evaporización o su calentamiento (enfriador). Por consiguiente, la evaporación de un líquido o cambio de estado líquido a vapor va acompañada de la absorción de calor del aire. Aquí el evaporador recibe calor de su retorno y lo traslada al flujo refrigerante en el cual se convierte en calor latente de vaporización, manteniéndose en estado de vapor en la mayor parte del circuito.

### **2.2.5.2 Condensador**

El condensador como intercambiador de calor tiene la función de llevar al estado líquido un refrigerante que se encuentra en estado gaseoso y comprimido por acción del compresor, debido a que existe transferencia de calor a un medio distinto del fluido que fluye. Es decir, en lugar de absorber calor del ambiente, lo esparce en la atmósfera que le rodea. Actúa de forma opuesta al evaporador. (Vélez Sisalima & Muñoz Morocho, 2015)

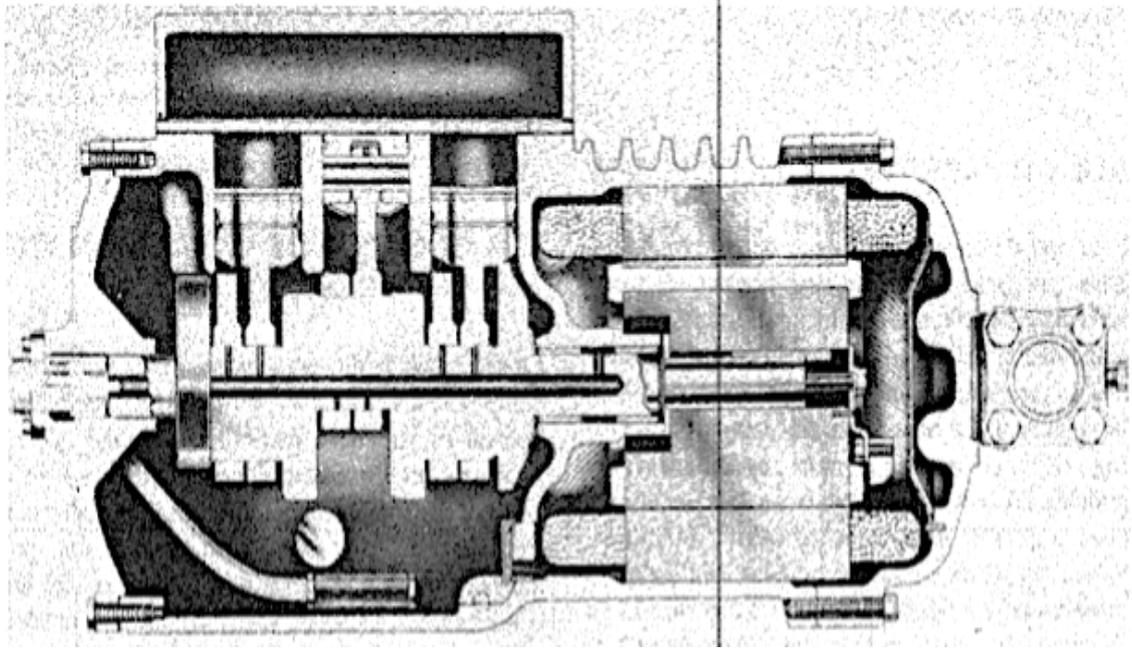
El condensador se encuentra ubicado en sentido de la trayectoria del líquido refrigerante, después del compresor. El líquido refrigerante pasa por el compresor y por acción del mismo, sale en estado gaseoso con temperatura y presión elevada, a una temperatura aproximada de 55°C, y luego continúa el proceso en el condensador.

### 2.2.5.3 Compresor

El compresor ocupa en un sistema de acondicionamiento de aire el rol más importante debido a que permite que el ciclo de refrigeración continúe; está a cargo de la compresión del líquido refrigerante que entra al equipo en estado gaseoso a baja temperatura y baja presión proveniente del evaporador y disminuye su volumen y aumenta su presión y a su vez su temperatura llega a una presión superior a la del medio ambiente para que pueda ser condensado y así aprovechar el intercambio doble de calor entre el evaporador y el condensador.

Entre los compresores más utilizados se pueden mencionar los siguiente:

- **Compresores recíprocos:** son los de mayor uso, vienen dados en potencias fraccionarias y mayores. Las válvulas de succión y descarga son de placa delgada, abre y cierra fácil y rápido.
- **Los compresores herméticos:** se fabrican con el compresor y motor en el interior de una caja sellada, de esta manera no hay fuga de refrigerante alrededor del eje. Los compresores modernos en su mayoría utilizan sellos mecánicos.

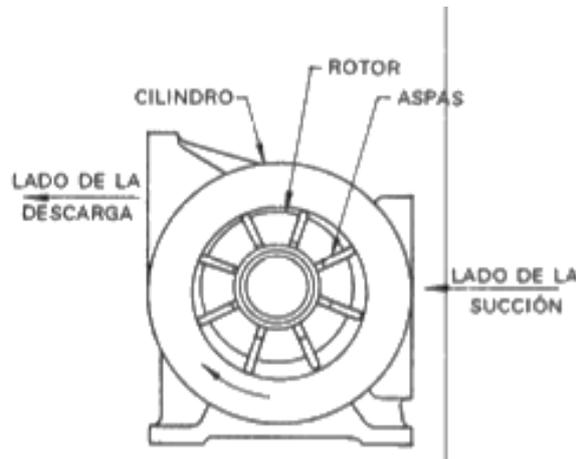


**Figura 5:** Corte longitudinal de un compresor recíprocante hermético

**Fuente:** <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10232/1/UPS-CT005381.pdf>

- **Los compresores de pistón:** están basados en la compresión mecánica de un pistón que se mueve dentro de un cilindro. Alternativamente el pistón se desplaza para comprimir el gas.
- **Los compresores rotativos:** establecen su funcionamiento en el giro de un rotor que es excéntrico con relación al estator: cuando el rotor gira disminuye el volumen del gas aumentando su presión, su fabricación es sencilla y normalmente no generan mucho ruido ni vibraciones.

El rotor cilíndrico está colocado excéntricamente dentro del hueco tubular del estator. Los compresores rotatorios pequeños son usados con frecuencia en refrigeradoras. (Vélez Sisalima & Muñoz Morocho, 2015)



**Figura 6:** Corte transversal de un compresor rotatorio

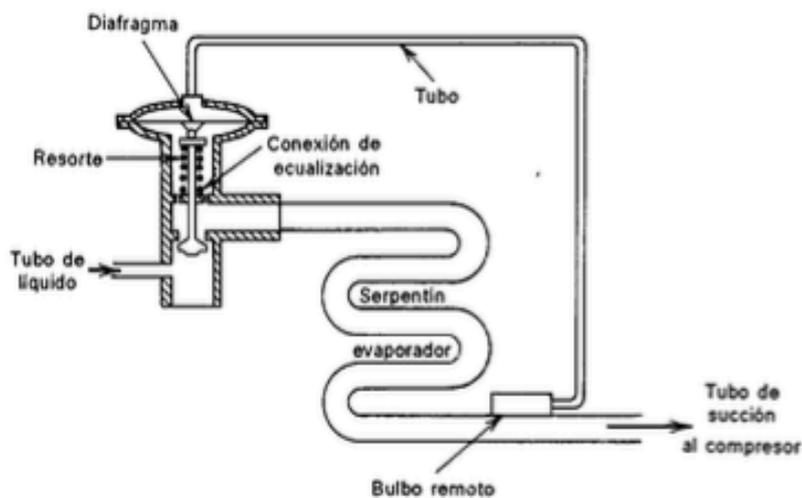
**Fuente:** <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10232/1/UPS-CT005381.pdf>

- **El compresor centrífugo:** está basado en el giro de una turbina con álabes que por la fuerza centrífuga lanza el refrigerante contra una pared que disminuye rápidamente su volumen comprimiendo el gas. Se aplican en industrias muy especiales, petroquímicas, empresas farmacéuticas, entre otras.
- **Compresor tipo scroll:** tiene desplazamiento positivo, su forma de operar es comprimir por medio de dos espirales, una es fija y la otra se mueve alrededor de la primera describiendo una órbita. La espiral fija se encuentra de manera permanente fijada a la estructura del compresor y la móvil esta acoplada al eje del motor.

El movimiento de una espiral sobre la otra provoca que el gas que entra al compresor y se almacena en las bolsas de gas, cada vez se desplace hasta el centro, a medida que el gas se desplaza en las bolsas de gas el volumen se va disminuyendo produciendo así que la presión y temperatura aumenten, el centro del cuerpo es donde ocurre la descarga.

#### 2.2.5.4 Válvulas de expansión

La válvula de expansión es un dispositivo que permite y regula el paso del refrigerante líquido desde un estado de presión más alto a otro más bajo. Está situada a la salida del depósito acumulador y al cruzar la válvula por el orificio de unión se alimenta el evaporador. Algunos de los dispositivos que utiliza son el tubo capilar, la válvula termostática de expansión.



**Figura 7:** Funcionamiento de la válvula termostática de expansión con ecualizador interno

**Fuente:** <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10232/1/UPS-CT005381.pdf>

#### 2.2.5.5 Líneas de succión y descarga

El tubo por el que circula el fluido frigorígeno entre el evaporador y el compresor se llama línea de admisión. Siempre se encuentra en un lado de baja presión de un circuito. El tubo intercalado entre el compresor y el condensador se conoce por línea de descarga. Siempre se halla en el lado alto del sistema.

Otros tubos de cobre que forman el conjunto de tuberías corresponden a la línea de líquido que lleva el refrigerante en estado líquido a una elevada presión. Procede del condensador y va hacia el evaporador. La línea capilar, que es parte de la línea de líquido, tiene por objeto restringir la circulación del líquido refrigerante. En el circuito de circulación precede inmediatamente al evaporador.

#### **2.2.5.6 Presostatos**

Los presostatos son dispositivos accionados por presión, tienen la función de abrir o cerrar un circuito mediante uno o varios contactos normalmente ya sea abierto o cerrado. De manera práctica se puede decir que son unos interruptores eléctricos que funcionan con presión. Pueden ser:

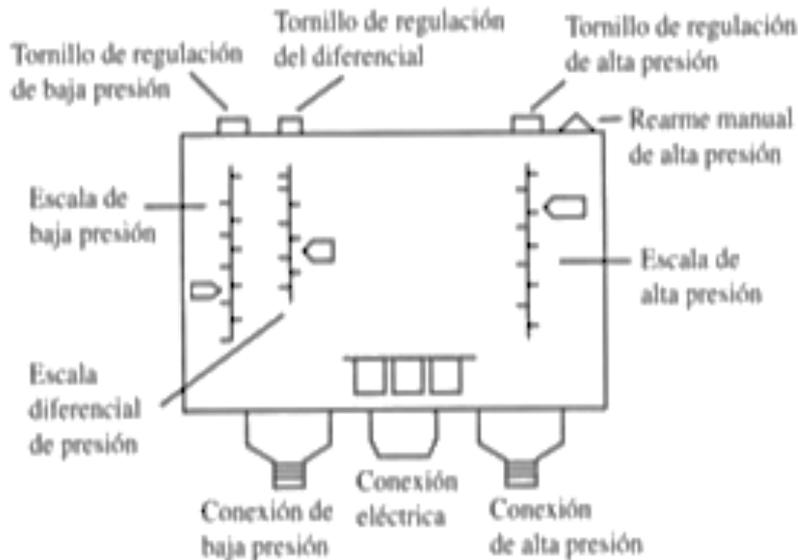
- Presostatos de alta presión

Se conecta a la descarga del compresor, y su función es impedir que en la zona de alta presión, se alcancen valores que afecten al rendimiento de la instalación o a la seguridad de las personas. Se regulan a una determinada presión y cuando la instalación alcanza ese valor entonces el presostato detiene al compresor.

- Presostato de baja presión

Se conecta a la aspiración del compresor y su función es evitar que la presión, en la zona de baja pueda “caer” por debajo de la presión atmosférica y evitar que la presión descienda por debajo de lo normal de funcionamiento, ya que afectaría al rendimiento.

De hecho su regulación debe estar siempre por encima de la presión atmosférica. Cuando la presión baja hasta la correspondiente al valor de regulación, el presostato detendrá al compresor. (Vélez Sisalima & Muñoz Morocho, 2015)



**Figura 8:** Presostato de alta y baja combinado.

**Fuente:** <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10232/1/UPS-CT005381.pdf>

### 2.2.5 Refrigerantes

En el ciclo de refrigeración de un equipo de aire acondicionado circulan gases refrigerantes que sirven para reducir o mantener la temperatura de un ambiente por debajo de la temperatura del entorno (para ello se debe extraer calor del espacio y transferirlo a otro cuerpo cuya temperatura sea inferior a la del espacio refrigerado, todo esto lo hace el refrigerante) que pasa por diversos estados o condiciones. Desde hace algunos años existen debates acerca del uso de gases refrigerantes ya que por su liberación en la atmósfera, inciden de manera desfavorable sobre la capa de ozono que protege la Tierra de los rayos UV del sol. Estos debates se centraron sobre los efectos nocivos de los refrigerantes CFC (clorofluorocarbonos), que se prohibieron.

Los problemas provocados por CFC están unidos al hecho de que contienen componentes de cloro (Cl), que son responsable de la destrucción del ozono (O<sub>3</sub>). El Protocolo de Montreal, acuerdo internacional para la protección de la capa de ozono, especificó en sus directivas, primero la eliminación de los clorofluorocarbonos (CFC) de mayor contenido en cloro y ahora, la retirada gradual de los HCFC (hidroclorofluorocarbonos).

El refrigerante R22, que es un HCFC, era hasta hace poco el gas refrigerante más utilizado en el sector del aire acondicionado, tanto para instalaciones de tipo industrial como domésticas. Actualmente se prohíbe su uso en equipos e instalaciones de nueva fabricación. Según la legislación desde el 1 de enero de 2004 hay prohibición de fabricar todo tipo de equipos con HCFCs (Hidroclorofluorocarbon), aún se permitirá el uso de R-22 regenerado hasta el 2015, para cubrir la demanda en instalaciones existentes. Este refrigerante R-22 ha sido sustituido por el R407C, por el R410A, y por el R417, los sustitutos cumplen ciertas características:

- No dañan la capa de ozono
- Tienen bajo efecto invernadero
- No son tóxicos ni inflamables
- Son estables en condiciones normales de presión y temperatura
- Son eficientes energéticamente.

Los gases refrigerantes que se utilizan a la actualidad son:

- R-410A :

Es un refrigerante libre de cloro (sin CFC's ni HCFC's) y por lo tanto no produce ningún daño a la capa de ozono y su uso no está sujeto a ningún proceso de retirada. Tiene un elevado rendimiento energético, es una mezcla única y por lo tanto facilita ahorros en los mantenimientos futuros. No es tóxico ni inflamable y es reciclable y reutilizable. Este refrigerante no es compatible con sistemas de aire acondicionado que funcionan con R-22.

- R-407C :

Es un refrigerante libre de cloro (sin CFC's ni HCFC's) y por lo tanto no produce ningún daño a la capa de ozono y su uso no está sujeto a ningún proceso de retirada. Posee propiedades termodinámica muy similares al R- 22. A diferencia del R-410A, es una mezcla de tres gases R-32, R-125 y R- 134A. Si se precisa reemplazar un componente frigorífico o se produce una rotura de uno de ellos, el sistema se debe purgar completamente. Una vez reparado el circuito y probada su estanqueidad, se rellenará de nuevo, cargando refrigerante con la composición original. Este refrigerante es compatible con sistemas de aire acondicionado que funcionan con R-22 para hacer la transición a este nuevo refrigerante debe ser cambiada la válvula de expansión para ser utilizado.

- R-134A :

Es un refrigerante libre de cloro (sin CFC's ni HCFC's) y por lo tanto no produce ningún daño a la capa de ozono y su uso no está sujeto a ningún proceso de retirada. Es ampliamente usado en otras industrias: aire acondicionado en automóviles, frigoríficos, propelente de aerosoles farmacéuticos.

En los sistemas de acondicionamiento de aire se utilizan desde unidades transportables o deshumidificadores, hasta unidades enfriadoras de agua con compresores de tornillo o centrífugos de gran capacidad.

### **2.3 Acondicionamiento de aire en un Centro de Control de Motores (CCM)**

Un Centro de Control de Motores (CCM) es una área específica dentro de una fábrica que contiene un gabinete conformado por consolas (también llamadas armarios eléctricos) que se encuentran alojadas en el cuarto y se encargan de llevar a cabo el funcionamiento y accionamiento de las máquinas es por eso que también se las denomina como "áreas crítica" puesto que de ellas depende el correcto proceso de producción de una industria, dentro de éstas consolas existen unidades de control que se encargan de alimentar, monitorear, controlar y proteger circuitos cuyas cargas esencialmente consiste en motores, usan disyuntores, térmicos, relés, contactores o arrancadores como principales componentes de control. (Quiminet, 2012)

Los CCM son utilizados como un canal de unión entre los equipos de generación y los consumidores finales como son los motores de las máquinas y otras clases de equipos. Los CCM ofrecen la ventaja de integrar dentro de un mismo gabinete los sistemas arrancadores de motores de una o varias áreas de producción de una industria, por ejemplo: El Ingenio Valdez cuenta con un Cuarto Control de Motores (CCM) que se encarga de todo el proceso de centrifugación del azúcar, también puede integrar el sistema de distribución de la misma, al utilizar este equipamiento se reducen los costos ya que las líneas de alimentación llegan a un solo lugar (CCM) y desde allí salen los cables de poder y de control hacia las cargas finales (motores). (Quiminet, 2012)

### **2.3.1 Funcionamiento**

Las consolas o armarios contienen paneles de control con su respectiva botonera de arranque y paro del funcionamiento. Los motores podrán ser puestos en marcha o detenidos directamente desde la consola o armario que le corresponda. En casos críticos que ameriten desconectar los motores, las consolas contienen sistemas de corte de energía, para que no resulte afectado el circuito ni el motor.

Solo los motores que requieran de su operación entrarán en marcha debido a que funcionan de forma independiente. (López, 2011)

### **2.3.2. Ventajas que ofrece un CCM**

Las ventajas más destacadas que nos ofrecen los CCM son las siguientes:

- Automatización del funcionamiento de motores.
- Permite la operación y la supervisión con un mínimo costo.
- Alejados de cualquier factor que pueda ocasionar daños en los armarios.
- Mantenimiento de fácil ejecución.
- Protección de los motores ante eventuales variaciones de energía o descargas.
- La operación de los motores se puede hacer de forma individual. (Quiminet, 2012) & (Márquez, 2006)

### **2.3.3 Importancia de un sistema de acondicionamiento de aire en un CCM**

En todo proceso industrial los componentes que forman parte del sistema eléctrico y de automatización, se encuentran alojados dentro de gabinetes (divididos en consolas o armarios), por dos motivos, uno para proteger estos componentes de factores inoportunos y segundo para proteger a los usuarios de cualquier daño físico que se pueda generar. No obstante, debido a la acumulación de componentes dentro de los armarios, puesto que no solo están las unidades de control, protección, distribución, si no también hoy en día para mejorar la eficiencia de los procesos de producción es decir la eficiencia de las máquinas se han implementado diversos componentes como variadores de frecuencia, equipos de medición, equipos de comunicación, entre otros; producen que las temperaturas de operación superen los rangos soportados por los componentes y empiecen a generarse fallas en los sistemas.

Cada uno de los dispositivos mencionados, se ven afectados en cuanto a sus características de funcionamiento debido a las temperaturas elevadas y contaminantes como el polvo al interior de los armarios, además del sobrecalentamiento de los conductores, ejecuciones indebidas de los disyuntores (breakers) termo-magnéticos, posible humedad en los tableros eléctricos, es por eso que un SAA (Sistema de Acondicionamiento de Aire) es adecuado para contrarrestar todos estos factores que inciden con la mala ejecución de un proceso. (Revista Mundo HVACR, 2014)

## 2.4 Sistemas de acondicionamiento de aire industrial.

Los sistemas de acondicionamiento industrial se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Sistema de aire acondicionado central Split.
- Sistema de aire acondicionado tipo Paquete.
- Sistema de aire acondicionado tipo Chiller.

### 2.4.1 Sistema de aire acondicionado central split.

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

A continuación se exponen las medidas y capacidades más comunes de la unidad condensadora: (1 TR = 12000 BTU )

**Tabla 1:** Medidas y capacidades de unidades condensadoras

Capacidad	Largo	Ancho	Alto
3.0 TR - 5.0 TR	0.9 m	0.9 m	1.0 m
6.0 TR - 12.5 TR	1.5 m	1.2 m	1.3 m
15.0 TR - 20.0 TR	1.9 m	1.2 m	1.3 m

Fuente:<http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/06/ARQ/ADTESCM0001340.pdf>

A continuación se exponen las medidas y capacidades más comunes de la unidad evaporadora:

**Tabla 2:** Medidas y capacidades de unidades evaporadoras

Capacidad	Largo	Ancho	Alto
3.0 TR - 5.0 TR	1.50 m	0.60 m	0.65 m
6.0 TR - 12.5 TR	1.50 m	1.30 m	0.72 m
15.0 TR - 20.0 TR	1.50 m	2.30 m	0.72 m

**Fuente:** <http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/06/ARQ/ADTESCM0001340.pdf>

Ventajas:

- Se logra refrigeración en varios espacios al mismo tiempo.
- Unidades silenciosas
- Se utilizan en acondicionamientos de grandes espacios.
- Posibilidad de inyectar aire a uno o varios espacios.
- Mejor distribución del aire dentro de un espacio.
- Estético en interiores.
- Funciona para uso residencial, industrial o comercial.

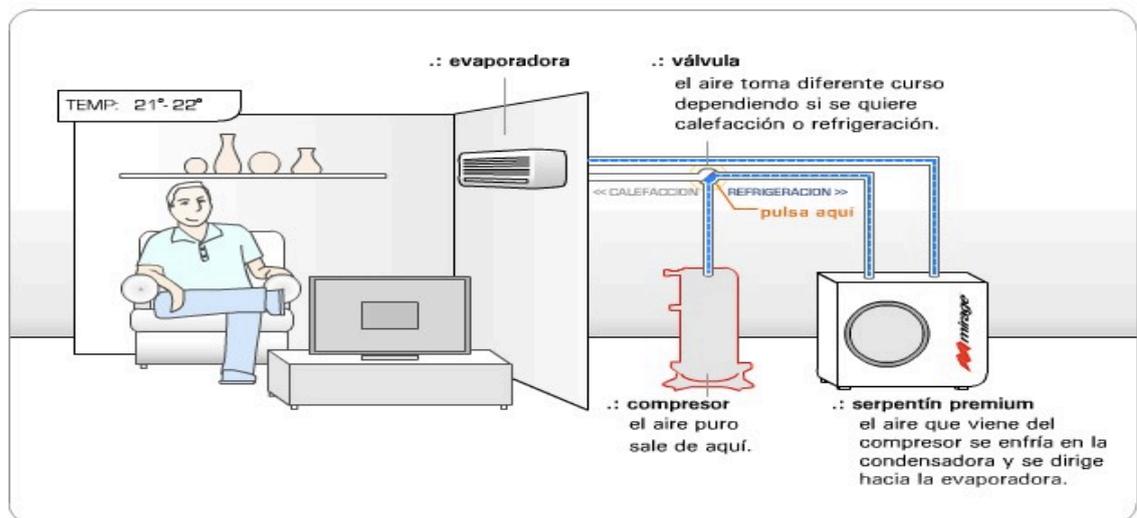
Desventajas:

- Instalación especializada.
- Requerimiento espacial en los entre techos para la colocación de ductos y unidades evaporadoras.
- La temperatura de varios espacios es controlada por un solo termostato, generando diferencias de sensación térmica dependiendo del usuario.

- Alto costo de instalación.
- La unidad condensadora requiere de una localización estratégica para que no sea visible.
- Mantenimiento especializado.

#### 2.4.1.1 Aspectos de funcionamiento.

Los equipos de acondicionamiento de aire (a/a) que constan de una unidad condensadora y una unidad evaporadora, el aire es llevado a través de ductos hasta su destino, expulsado por medio de difusores y retorno a través de rejillas. La temperatura es controlada mediante un termostato que es instalado en la pared y su función es la de mantener la temperatura de forma regular en un punto determinado. Este sistema es capaz de llevar el aire acondicionado alcanzando largas distancias (dependiendo de la capacidad que tenga el motor) con lo que se puede acondicionar varios ambientes contiguos con un solo equipo.



**Figura 9:** Vista general de la instalación de un aire acondicionado tipo split ( evaporador + condensador )

**Fuente:** [https://www.google.com.ec/search?q=unidad+evaporadora+y+condensadora+conexion&espv=2&biw=400&bih=488&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEWjNvcvkk6bOAhUFPhQKHV5TCOQQ\\_AUIBigB#imgrc=\\_bGkOPZ8dGbakM%3A](https://www.google.com.ec/search?q=unidad+evaporadora+y+condensadora+conexion&espv=2&biw=400&bih=488&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEWjNvcvkk6bOAhUFPhQKHV5TCOQQ_AUIBigB#imgrc=_bGkOPZ8dGbakM%3A)

### **2.4.1.2 Requisitos de Operación**

La ubicación de la unidad condensadora debe ser en el exterior y la descarga de aire deber estar libre. Los espacios mínimos libres alrededor de la unidad condensadora para su ubicación son:

- Condensadoras de 3.0 TR a 5.0 TR: 0.6m de perímetro libres
- Condensadoras de 6.0 TR a 12.5 TR: 1.5m de perímetro libres
- Condensadoras de 15.0 TR a 20.0 TR: 2.0m de perímetro libres

La ubicación de la unidad evaporadora debe ser en el interior de las siguientes maneras:

- En el entretecho (Instalación horizontal)
- En cuarto de máquinas (Instalación Vertical)

### **2.4.1.3 Instalación.**

- Instalación de la unidad evaporadora

La unidad evaporadora se ubicará en un espacio amplio para facilitar la instalación, si la unidad evaporadora se instala entre el techo y el cielo falso el equipo debe poseer una estructura suficientemente resistente para sujetarlo a la losa.

- Instalación de la unidad condensadora

La unidad condensadora tiene que estar protegida de fuentes de calor.

En caso que la instalación del equipo sea en lugares muy altos o con vientos fuertes se debe de instalar la unidad contra la pared para que esta pueda tener un mejor funcionamiento. Los espacios libres que se deben considerar para un buen funcionamiento son:

- Instalación en el entretecho:

Espacio mínimo entre unidad evaporadora y techo: 0.2m

Espacio mínimo entre unidad evaporadora y cielo falso: 0.2m

- Instalación en cuarto de máquinas:

Espacio mínimo entre unidad evaporadora y pared: 0.15m

Espacio mínimo entre área de servicio o mantenimiento de unidad evaporadora y pared: 0.6m.

- Instalación de las tuberías de conexión

La longitud máxima de tubería es de 25 a 30 metros y la elevación máxima de la tubería es de 15 a 20 metros.

La tubería de conexión no debe instalarse hasta no haber fijado las unidades interior y exterior. Es importante mantener seca la tubería de conexión y evitar que entre humedad durante la instalación. Para colocar la tuberías se debe de perforar un orificio en la pared reuniendo las tuberías de conexión y los cables, haciéndolas pasar por dicho orificio desde el exterior.

Posteriormente se conectan las tuberías y se abre las válvulas de cierre de la unidad condensadora para que la tubería de refrigerante que conecta a las unidades tenga un flujo sin obstáculo.

#### **2.4.1.4 Mantenimiento.**

Las unidades necesitan mantenimiento especializado por parte del contratista. Inspección y limpieza de los serpentines interior y exterior, requieren de revisión para la adecuada circulación del aire (succión y descarga) una vez al mes, o según requiera el sistema debido al ambiente donde se encuentre y limpieza de las superficies.

Para hacer el mantenimiento de ductos y de la unidad evaporadora cuando se encuentra en el entretecho se deja una compuerta para su acceso, en el caso de que el material sea plancha de yeso; en caso que sea un cielo falso de loseta, se deja una de ellas móvil para poder entrar a realizar el mantenimiento.

#### **2.4.2 Sistemas tipo paquete.**

Este tipo de equipos de climatización son de tipo central, donde sus unidades están auto contenidas, es decir el condensador y el evaporador se encuentran en el mismo sistema y el aire se distribuye a los distintos espacios a través de ductos. Son utilizado en edificaciones de gran tamaño, por ejemplo; bancos, oficinas, centros deportivos, restaurantes, es muy común su uso en industrias ya que manejan grandes capacidades, disminución de materiales a utilizar, etc.

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



**Figura 10:** Unidad de aire acondicionado tipo paquete

**Fuente:** [http://www.carriercca.com/product\\_detail.cfm?product\\_id=22&cat\\_id=63&parent\\_id=5](http://www.carriercca.com/product_detail.cfm?product_id=22&cat_id=63&parent_id=5)

A continuación se exponen las capacidades y medidas más comunes:

**Tabla 3:** Capacidades y medidas de una unidad tipo paquete

Capacidad	Largo	Ancho	Alto
3.0 TR - 6.0 TR	1.90 m	1.20 m	0.9 m
7.5 TR - 12.5 TR	2.3 m	1.50 m	1.30 m
15.0 TR - 25.0 TR	2.3 m	2.20 m	1.30 m

**Fuente:** <http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/06/ARQ/ADTESCM0001340.pdf>

Las ventajas y desventajas de una unidad de acondicionamiento de aire tipo paquete se enuncian a continuación:

#### Ventajas

- Bajo nivel sonoro
- Las dos unidades (condensadora y evaporadora) están acopladas en una sola.
- Reducción de costos de materiales
- Grandes capacidades de refrigeración
- Correcto funcionamiento en ambientes adversos.

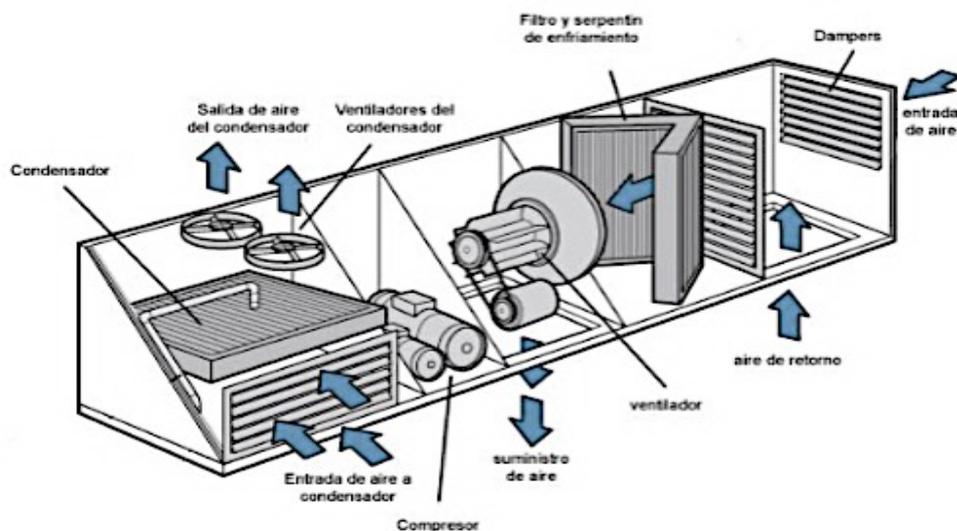
#### Desventaja

- No pueden trabajar en un rango donde se exige un índice muy bajo de temperatura.
- Instalación especializada.
- Puede tener gran tamaño y peso.
- Requerimiento de espacios en el entretecho para la instalación de ductos.

#### **2.4.2.1 Formas de operación.**

Su configuración usual es la de una caja rectangular con conexiones de suministro y retorno en el frente y tomas para succión y descarga del aire de condensación en los laterales y en la parte de atrás. El aire de retorno es succionado a través del evaporador por un ventilador centrífugo, que a su vez lo descarga como aire de suministro por el frente. Una bandeja de condensado ubicada debajo del evaporador, recoge toda la humedad y está conectada a un drenaje.

El compartimiento del evaporador, consta de paredes para evitar pérdida y condensación en la lámina exterior, el filtro está generalmente localizado en el ducto de retorno. Separando el compartimiento del evaporador del de condensación, hay una pared que sirve de aislamiento para la mínima transferencia de calor y ruido del aire acondicionado. El aire de retorno pasa a través de un filtro y luego a través del evaporador donde es enfriado y deshumidificado. (Colocho López, Guzmán Álvarez, & Daza Jiménez, 2011)



**Figura 11:** Partes que componen una unidad de tipo paquete.

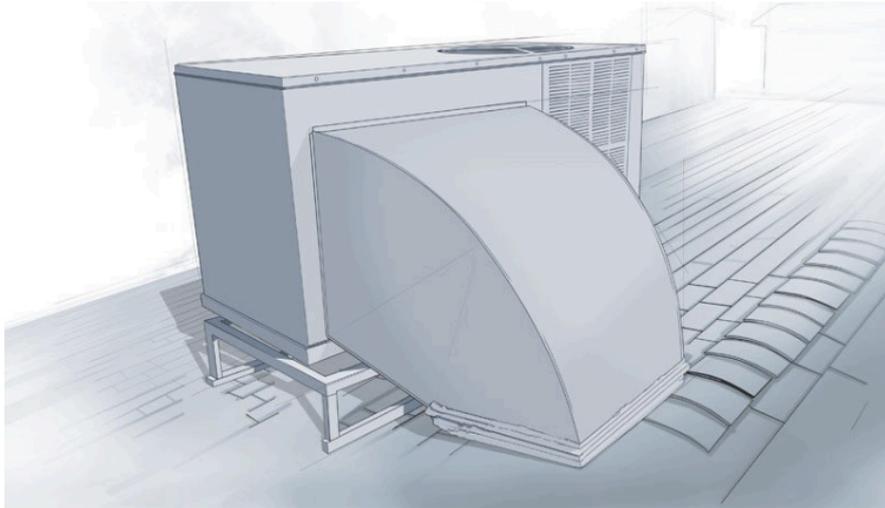
Fuente: [https://www.0grados.com/admin/wp-content/uploads/2016/05/A0CG0002284-800x500\\_c.jpg](https://www.0grados.com/admin/wp-content/uploads/2016/05/A0CG0002284-800x500_c.jpg)

#### 2.4.2.2 Requisitos de ubicación.

La unidad tipo paquete debe ser ubicada en el exterior en un lugar ventilado, los ductos de suministro se distribuyen en el entretecho.

Espacios a considerar para un óptimo funcionamiento:

- Distancia mínima entre salida y retorno de aire y pared: 1.5m
- Distancia mínima libre en perímetro: 2.0m



**Figura 12:** *Modo de instalación de una unidad tipo paquete con ducto de acople*

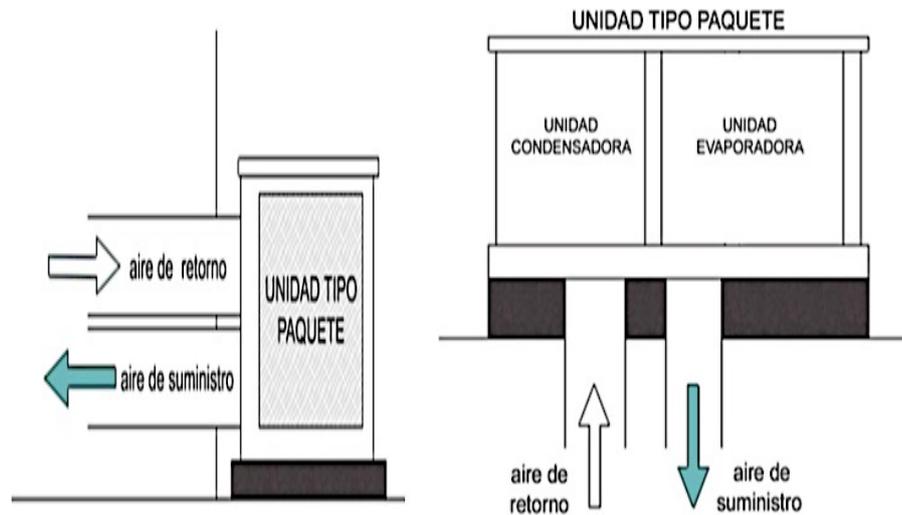
**Fuente:**[https://www.0grados.com/admin/wp-ontent/uploads/2016/05/A0CG0002284-800x500\\_c.jpg](https://www.0grados.com/admin/wp-ontent/uploads/2016/05/A0CG0002284-800x500_c.jpg)

### **2.4.2.3 Instalación.**

Se deben instalar sobre bases de concreto de altura de 10 cms. o sobre bases metálicas en el exterior. Cuando es instalada a nivel de piso, esta plataforma no debe estar en contacto con ninguna pared y fundaciones ya que esto podría transmitir vibraciones a la edificación. Cuando es ubicado en losa de techo se toma en cuenta el peso del equipo y las vibraciones que esta produce. (Colocho López, Guzmán Álvarez, & Daza Jiménez, 2011)

Los equipos de aire acondicionado tipo paquete, demandan de espacios libres en su alrededor para evitar la recirculación del aire de descarga, ventilación y mantenimiento, la distancia entre estos puede ser de 1.50 a 2.00 metros.

Este tipo de equipo debe de tener una descarga de aire sin obstáculos, la unidad tipo paquete puede tener dos tipos de suministro y retorno de aire: vertical u horizontal.



**Figura 13:** *Modo de ventilación en una unidad tipo paquete*

**Fuente:** <http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/06/ARQ/ADTESCM0001340.pdf>

#### **2.4.2.4 Mantenimiento.**

El mantenimiento de una unidad de climatización tipo paquete debe realizarse mediante una revisión y limpieza de filtros, verificación del estado físico de sus ductos de forma periódica, limpieza del serpentín, del desagüe y de todas las conexiones eléctricas. (Colocho López, Guzmán Álvarez, & Daza Jiménez, 2011)

#### **2.4.3 Sistemas tipo Chiller.**

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

El agua helada pasa desde la unidad exterior a través de tuberías (PVC, Cobre o Acero) hacia las unidades manejadoras de aire (UMA) o unidades denominadas fan coils, que son las que se encargan de distribuir el aire acondicionado hacia los ductos (estas desempeñan la función de los evaporadores descritas en los sistemas anteriores). (Carrier, 2015)

A continuación se exponen las capacidades y medidas más comunes de sistema tipo Chiller:

**Tabla 4:** Capacidades y medidas de un Chiller

Capacidad	Largo	Ancho	Alto
80.0 TR - 100.0 TR	4.80 m	2.30 m	2.30 m
140.0 TR - 160.0 TR	6.00 m	2.30 m	2.30 m
180.0 TR - 200.0 TR	7.20 m	2.30 m	2.30 m

Fuente: <http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/06/ARQ/ADTESCM0001340.pdf>



**Figura 14:** Chiller Carrier

Fuente: <http://www.carrierrentalsystems.co.uk/chiller-hire/crs-1202-chiller/>

## Ventajas

- Versatilidad en el número de unidades internas: puede ser conectado con varias UMAs o fan coils dependiendo de la potencia de la unidad externa.
- Es utilizado para acondicionar grandes instalaciones por su eficiencia.
- Bajo nivel de ruido.
- La vida promedio de los Chillers varía de 25 a 30 años con buen mantenimiento.
- Los modelos recientes consumen menos electricidad debido a que cuentan con sistemas que permiten trabajar de acuerdo a la demanda requerida reduciendo la carga y operando solo los compresores necesarios.

## Desventajas

- Alto costo de instalación.
- Unidades de gran tamaño y peso.
- Difícil instalación cuando son ubicados en azotea.
- Para proyectos pequeños es un gasto muy grande por su alto costo.

### **2.4.3.1 Formas de operación.**

El principio de funcionamiento de una unidad tipo Chiller se basa en la utilización de agua para el cambio de estado, se podría definir como una unidad agua-aire. El agua se hace circular de manera forzada sobre un intercambiador de temperatura en el cual se realiza el cambio de estado utilizando el factor agua y no el factor aire.

El agua que sale del intercambiador circula por el circuito hidráulico a cada una de las unidades manejadoras de aire o fan coils, las cuales se encargan de distribuir el aire refrigerado a una cierta temperatura, modificando así la temperatura ambiente y luego el agua regresa de nuevo al intercambiador para bajar su temperatura, repitiéndose el ciclo de refrigeración para nuevamente ser distribuido.

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

#### **2.4.3.2 Requisitos de ubicación.**

La unidad chiller se ubica en el exterior del edificio, porque se requiere de buena ventilación de tal forma que el aire pueda circular y descargarse libremente. En el interior del edificio, en el entre cielo o en el cuarto de máquinas se ubicará las unidades fan coils o las UMA. Las únicas conexiones entre la unidad interna y la unidad externa es el circuito hidráulico común cerrando un circuito.

La distancia entre el chiller y el muro debe ser de por lo menos 1.80 metros y el espacio entre ellos debe ser entre 1.50 y 3.00 metros para tener un fácil acceso de mantenimiento y ventilación de los Chillers.

### **2.4.3.3 Instalación.**

Estos tipos de equipos se instalan generalmente en losas de techos en una base de concreto. La descarga de aire del Chiller es vertical por lo que también debe de estar libre de obstáculos. Se debe de tener un espacio libre disponible de aproximadamente del 70% del área de planta del Chiller para permitir:

- Succión de aire
- Instalación y recorrido de tuberías de agua fría
- Bombas de impulso de agua
- Accesorios de instalación
- Mantenimiento

### **2.4.3.4 Mantenimiento.**

Las unidades Chillers necesitan mantenimiento especializado por parte del fabricante. Requieren de revisión de la adecuada circulación del aire (succión y descarga) una vez al mes y limpieza de las superficies. La bomba de agua no demanda de ningún mantenimiento a menos que ésta fallara, el filtro debe de ser controlado y sustituirse si éste se encontrara sucio u obstruído. El sistema debe contar con una bomba de respaldo en caso de falla para que éste se mantenga siempre operando.

## 2.5 Comparación de sistemas tipo paquete y tipo dividido.

Los sistemas de climatización tipo paquete y tipo dividido se diferencian como se muestra a continuación, esta gráfica muestra aspectos simplificados y de fácil análisis, sintetizando lo estudiado anteriormente en este capítulo.

**Tabla 5:** Diferencias entre un sistema tipo dividido frente a uno tipo paquete

Diferencias entre equipos de climatización		
Equipos de uso industrial		
	Central split ducto	Paquete ducto
Composición	Evaporador	Evaporador + condensador
	Condensador	All in one
Ducto	Requiere ducto	Requiere ducto
Instalación	Bases metálicas	Losa
Uso	Oficinas - salas pequeñas	Edificaciones de gran tamaño
Materiales	Requiere cañería de cobre	Menos uso de materiales
Climatización	Su uso es limitado al campo	Grandes capacidades de refrigeración

Fuente: Elaborado por Bernardo Parreño Grijalva

## 2.6 Tipos de rejillas para el uso de ductos de distribución de aire.

La distribución de aire para el uso de ducto requiere de la utilización de rejillas, las mismas que permiten el paso del aire hacia el área que se desea climatizar. Existen varios tipos de rejillas, las cuales serán mencionadas a continuación:

- Rejilla de impulsión de aire.- una de las características principales de este tipo de rejillas es que tienen dos 2 tipos de direccionamiento del aire.

Algunos tipos de rejillas de impulsión de aire dirigen el flujo hacia arriba o hacia abajo (horizontales) y otras dirigen el aire de izquierda a derecha (verticales), esto depende del modo de funcionamiento que tenga la máquina, en este caso se encontrarían funcionando en frío y es recomendable orientarlas hacia arriba ya que el frío es pesado y por gravedad llega rápidamente al suelo.

- Rejilla de retorno de aire.- este tipo de rejillas son más simples, puesto que no necesitan orientar el aire hacia alguna dirección en particular. (Tu aire acondicionado web, 2015)
- Rejillas motorizadas para aire acondicionado.- estas rejillas son aplicables a la climatización individual de cada ambiente ( doméstico ). Básicamente la respuesta al uso de este tipo de rejillas es conseguir en cada ambiente una temperatura diferente debido a que éstas se encuentran conectadas a un termostato individual, de manera que una habitación puede estar a una temperatura que fluctúa dentro de los valores 20° - 25°.
- Difusores de aire.- Los difusores van colocados en techos, cuentan con diferentes modelos y tamaños, lo único que se puede regular es la cantidad de caudal de aire por medio de flapetas que se encuentran en su interior. (Tu aire acondicionado web, 2015)

## **CAPÍTULO 3**

### **ESTUDIO DEL BALANCE TÉRMICO DE LAS CARGAS.**

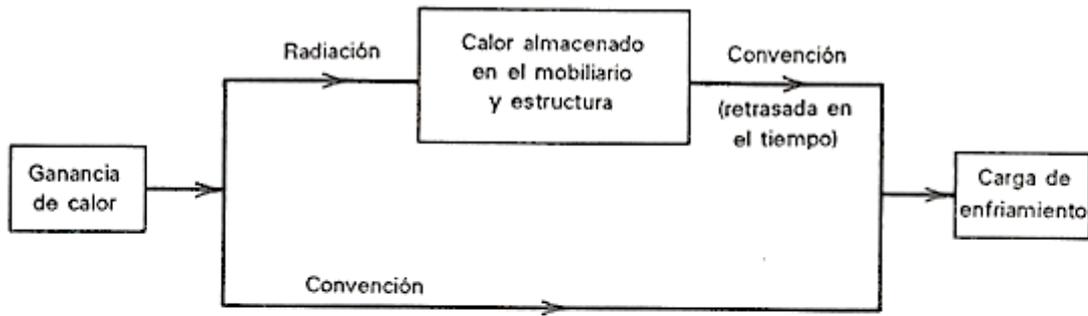
#### **3.1 Cargas de enfriamiento.**

Las áreas a climatizar producen en su interior ganancias de calor debido a diferentes fuentes. Estas ganancias de calor deben ser extraídas para lograr mantener los niveles de temperatura y humedad requeridos para su correcto desempeño en procesos industriales. (Pita, 2009)

A la cantidad neta de calor que se extrae de la sala se denomina como carga de enfriamiento y para tomar los respectivos cálculos de la carga de enfriamiento hay que analizar los principios de transferencia de calor; los métodos de cálculos que se emplearán se basan esencialmente en los que recomienda la ASHRAE. Este tipo de análisis conlleva a que los cálculos sean más exactos y la mayor exactitud conduce con frecuencia a la selección de equipos de menor tamaño y más eficientes en cuanto al uso de energía.

#### **3.2 Efecto de almacenamiento de calor**

La relación entre las ganancias de calor y las cargas de enfriamiento es más compleja, como se puede apreciar a continuación:



**Figura 15:** Diagrama de flujo de calor donde se indican la ganancia de calor, el almacenamiento de calor y la carga de enfriamiento

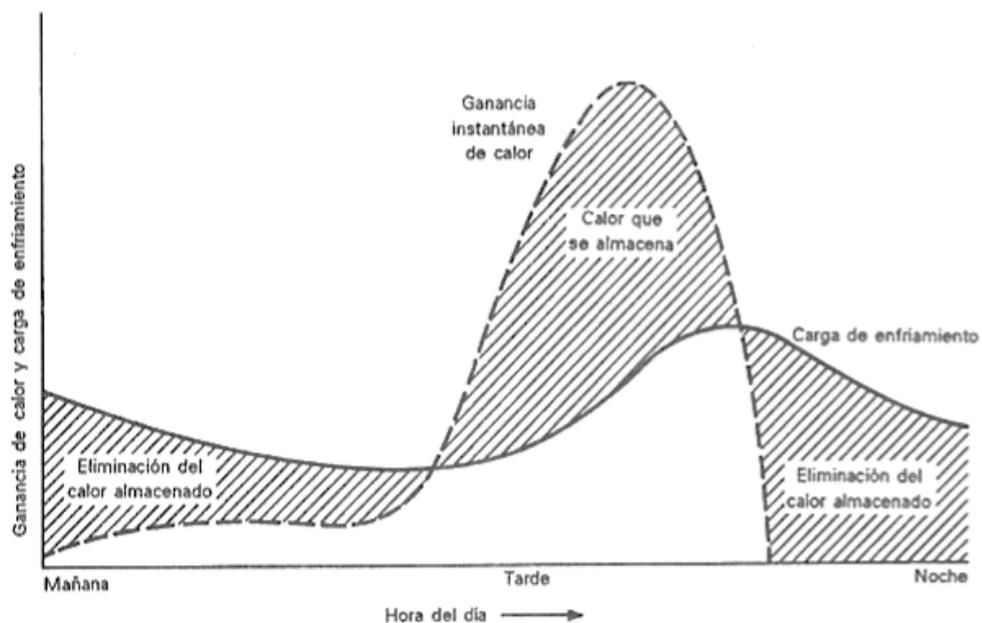
Fuente: (Pita, 2009)

La ganancia de calor bruta es la velocidad a la que se recepta calor en el área. Esta ganancia de calor viene proveniente de diferentes fuentes: alumbrado, radiación solar, por conducción, equipos, infiltración, personal, sin embargo estas fuentes no ocasionan que el aire de la sala se caliente de inmediato. Cierta cantidad de calor se absorbe en las estructuras y muebles dentro del área, y es ese calor al que nosotros le denominamos el efecto del almacenamiento de calor. Es por ello que las ganancias netas de calor dentro de la sala provenientes de las fuentes de calor son menores a las ganancias brutas de calor.

*“El efecto de almacenamiento de calor se le llama al calor que se absorbe y almacena en los materiales de construcción de un área”.* (Pita, 2009)

La carga de enfriamiento del recinto, en sí, es la velocidad con la que se debe eliminar el calor del área, para que se logre mantener, los estándares requeridos y las condiciones de diseño. La carga de enfriamiento es la suma de las ganancias netas de calor.

Es necesario que se tome en cuenta el efecto de almacenamiento de calor porque de ésta manera se obtienen cargas reales que podrían ser menores. Este efecto también podemos entenderlo como un período de retraso de calor, porque en algún momento la temperatura de los materiales de construcción se elevará lo necesario para ceder calor al aire de la sala. Sin embargo, en general el almacenamiento sigue hasta mas allá de la hora de la carga máxima del día, y el efecto neto es una reducción de cargas pico o máximas, como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 16:** Diferencia entre la ganancia instantánea de calor y la carga de enfriamiento que resulta del efecto de almacenamiento de calor

**Fuente:** (Pita, 2009)

### 3.3 Estudio general del área a climatizar

Para obtener de manera real las cargas de enfriamiento es fundamental estudiar los componentes de carga del espacio que se va a acondicionar. Cuando se realiza la estimación, el estudio debe garantizar precisión y debe abarcar todas las cargas existentes.

Los planos de detalles mecánicos y arquitectónicos, croquis sobre el terreno y fotografías de aspectos importantes del local deben ser considerados de manera necesaria.

- Orientación del edificio y situación del área a acondicionar
- Destino del área.
- Dimensiones del área o áreas
- Altura de techo
- Estructura de los cerramientos y materiales utilizados
- Condiciones del entorno
- Ventanas: dimensiones y situación, material de marcos, tipo de cristal, tipo de persiana, etc.
- Puertas: situación, tipo, dimensiones y frecuencia de empleo.
- Escaleras y huecos verticales.
- Ocupantes: número, tiempo de ocupación, naturaleza de su actividad, alguna concentración especial.
- Alumbrado: potencia. Tipo: incandescente, fluorescente, directo o indirecto.
- Motores: situación, potencia nominal y régimen de trabajo.
- Equipos y utensilios diversos que funcionan dentro del recinto y sus características de funcionamiento.
- Ventilación necesaria en función de las necesidades del recinto y del nivel de bienestar deseado, respetando las condiciones mínimas exigidas por la normativa vigente.
- Almacenamiento térmico: horario de funcionamiento del sistema, especificación de las condiciones punta exteriores, variación admisible de

temperatura en el recinto durante el día, alfombras en el suelo, naturaleza de los materiales que rodean el espacio acondicionado.

- Funcionamiento continuo o intermitente: si el sistema debe funcionar cada día laborable durante la temporada de refrigeración o solamente en ocasiones. Si el funcionamiento es intermitente hay que determinar el tiempo disponible para la refrigeración o calefacción previa. (Pita, 2009)

### **3.4 Criterios para el cálculo de cargas de enfriamiento.**

Para obtener un cálculo acertado de las cargas de enfriamiento que servirán para la selección del equipo de climatización, es necesario tomar en cuenta los componentes que inciden con la ganancia de calor en una sala, se los mencionará a continuación:

1. Conducción a través de estructura exterior
2. Conducción a través de estructura interior
3. Radiación solar a través de vidrios
4. Alumbrado
5. Personal
6. Equipos
7. Infiltración del aire exterior a través de aberturas

Para poder tener más claro a que se refieren estos criterios, es importante que las ganancias de calor se las agrupe en dos partes: las que se producen a partir de fuentes externas del área, y las que se generan al interior de la misma.

Según el listado anterior podemos observar que desde el punto 1 a 3 corresponden a ganancias que se producen en el exterior, y los puntos 4 a 6 corresponden a ganancias que se generan en el interior. Consideramos a la infiltración como una ganancia de calor distinta a éstas.

Es importante a su vez considerar estas ganancias de calor en dos apartados: ganancias de calor sensible y ganancias de calor latente. Las ganancias de calor sensible son las que ocasionan el aumento de temperatura del aire, y las ganancias de calor latente se deben a la adición de vapor de agua en el aire, ocasionando un aumento en la humedad. Entonces, los puntos que van del 1 al 4 corresponden a ganancias de calor sensible, los puntos 5 y 7 pueden corresponder a ganancias de calor sensible como a ganancias de calor latente y, finalmente el punto 6 podría entrar en cualquiera de los dos grupos eso dependería del equipo. (Pita, 2009)

### **3.4.1 Ganancias de calor sensible.**

#### **3.4.1.1 Conducción a través de una estructura exterior.**

Las ganancias de calor que se obtienen por conducción a través de estructuras exteriores, es decir, paredes, techos y vidrios que dan al exterior, se calculan según la siguiente ecuación:

$$Q = U \times A \times DTCE_e$$

donde:

$Q$  = Ganancias de calor neta del área por conducción a través del techo, paredes, o vidrio. (BTU/h)

$U$  = Coeficiente de transferencia de calor para el techo, paredes o vidrios.  
(BTU/h -ft<sup>2</sup>- °F)

$A$  = Area del techo, pared, o vidrios. (ft<sup>2</sup>)

$DTCE_e$  = Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento. (°F)

El área de cada sección la podemos calcular utilizando el plano de construcción de la sala. Los valores de  $U$ , se muestran en los anexos 1 y 3, donde obtenemos directamente el valor del coeficiente de transferencia de los materiales que son usados en las diferentes secciones.

La  $DTCE$  es la diferencia de temperatura que toma en cuenta el efecto de almacenamiento de calor, y se las podrá obtener de los anexos 1 y 2, donde se muestra un listado de valores de  $DTCE$  para ciertas estructuras de construcción de paredes y techo. En el anexo 3 también obtenemos la descripción de las construcciones de las paredes que se emplean en el anexo 2. Es importante considerar que hay que establecer las correcciones en la  $DTCE$  debido a qué por un lado en todo proyecto de acondicionamiento de aire se debe establecer una temperatura exterior del proyecto la cual va a ser fija, y por otro lado está la temperatura real la cual va variando conforme pasan las horas, para corregir esto debemos aplicar la siguiente fórmula:

$$DTCE_e = [(DTCE + LM) \times K + (78 - t_r) + (t_o - 85) \times f]$$

siendo:

$DTCE_e$  = valor corregido de  $DTCE$ , °F.

$DTCE$  = temperaturas, revisar Anexo 1 y Anexo 2

$LM$  = corrección para latitud al color y mes en el anexo 4.

$K$  = corrección debido al color de la superficie, se usa 1.0 para superficies oscuras o áreas industriales.

$t_r$  = temperatura del área.

$t_o$  = temperatura de diseño exterior promedio, °F

$f$  = factor de corrección para ventilación del cielo raso (solo para techos), se utiliza 0,75 para ventiladores de entrapiso (techo falso), si no existe ventilación se utiliza 1.0.

Como dato importante, es importante elegir una hora del proyecto debido a que la carga térmica no es la misma a diferentes horas del día. Normalmente se elige una hora que la experiencia indique se puede dar la carga máxima, de esta manera obtenemos que las 14 ó 15 horas son las más habituales para estudiar en un proyecto.

Los valores de las tablas se basan en una temperatura de diseño interior de 78°F y temperatura exterior de 85°F .

El Anexo 5 indica los valores de la  $DTCE$  para vidrios, y al igual que la corrección que se hace con paredes y techos, también se hace la debida corrección para vidrios:

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

### **3.4.1.2 Conducción a través de una estructura interior.**

El calor que se traslada desde un espacio sin acondicionamiento hacia un espacio acondicionado por medio de divisiones, pisos, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q = U \times A \times DT$$

donde:

$Q$  = Velocidad de transferencia de calor a través de la división, piso, o cielo raso, (BTU/h).

$U$  = Coeficiente global de transferencia de calor para la división. (BTU/h -ft<sup>2</sup>- °F)

$A$  = Área de la división. (ft<sup>2</sup>)

$DT$  = Diferencia de temperatura entre los espacios acondicionados y sin acondicionar. (°F)

Si se desconoce la temperatura del área no acondicionada, se emplea normalmente una aproximación que se refiere a suponer que está a 5°F menos que la temperatura en el exterior.

### **3.4.1.3 Radiación solar a través de ventanas.**

La radiación solar a través de los vidrios de una sala establece que: la energía radiante del sol pasa a través de materiales transparentes como el vidrio y se

transforma en ganancias de calor del recinto. Su valor varía con la hora, la orientación, el sombreado y el efecto del almacenamiento. (Pita, 2009)

Las ganancias netas de calor se pueden calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q = FGSC \times A \times SC \times FCE$$

Donde:

$Q$  = Ganancia neta por radiación solar a través del vidrio; BTU/h

$FGSC$  = Factor de ganancia máxima de calor solar; BTU/h –  $ft^2$

$A$  = Área del vidrio;  $ft^2$

$CS$  = Coeficiente de sombreado

$FCE$  = Factor de carga de enfriamiento para el vidrio.

El factor de ganancia máxima de calor solar (FGCS) es la ganancia máxima de calor a través del vidrio sencillo de 1/8" en un mes, orientación y latitud dados.

#### **3.4.1.4 Alumbrado**

La ganancia de calor debido al alumbrado la podremos calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q = 3.4 \times W \times FB \times FCE$$

Donde:

$Q$  = Ganancia neta de calor debida al alumbrado, BTU/h

$W$  = capacidad del alumbrado, Watts

$FB$  = Factor de balastra

$FCE$  = factor de carga de enfriamiento para el alumbrado.

El término  $W$  es la capacidad nominal de las luces en uso, expresada en Watts. El factor  $FB$  se refiere a las pérdidas de calor en el balastro de las unidades fluorescentes, u otras clases de pérdidas. El valor típico es de 1,25 para el alumbrado fluorescente; para el alumbrado incandescente no hay pérdidas adicionales y el  $FB = 1.0$ . (Pita, 2009)

El factor  $FCE$  toma en cuenta el almacenamiento de parte de la ganancia de calor por alumbrado. El efecto de almacenamiento depende de cuánto tiempo está en uso las luces del área y trabaja el sistema de enfriamiento, así como de la construcción del área, el tipo de unidades de alumbrado, y la cantidad de ventilación.

Las siguientes condiciones no permiten efecto de almacenamiento:

- Si el sistema de enfriamiento sólo trabaja durante las horas de ocupación.
- Si el sistema de enfriamiento trabaja más de 16 horas.
- Si se permite aumentar la temperatura del recinto durante las horas cuando no se ocupa.

### 3.4.2 Ganancias de calor latente.

#### 3.4.2.1 Personal

La ganancia de calor debida a las personas se compone de dos partes: el calor sensible y el calor latente que resulta de la transpiración. Algo del calor sensible se puede absorber por el efecto de almacenamiento de calor, pero no el calor latente. (Pita, 2009)

Para la ganancia de calor sensible y la ganancia de calor latente se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$Q_s = q_s \times n \times FCE$$

$$Q_1 = q_1 \times n$$

Donde:

$Q_s, Q_1$  = Ganancias de calor sensible y latente respectivamente

$q_s, q_1$  = Ganancia de calor sensible y latente por persona

$n$  = número de personas

$FCE$  = factor de carga de enfriamiento para las personas.

La velocidad de ganancia de calor debida a las personas depende de su actividad física. Las velocidades están determinadas para una temperatura de bulbo seco de la sala de 78°F, sin embargo varían ligeramente para otras temperaturas.

El factor FCE, del efecto de almacenamiento de calor, se aplica la ganancia de calor debida a las personas. Si el sistema de acondicionamiento de aire se apaga durante la noche, no se debe incluir almacenamiento de calor y el FCE=1.0

### **3.4.2.2 Equipos**

Las ganancias de calor producidas por los equipos instalados en una sala eléctricas muchas veces no necesita ser calculado por un estudio mediante fórmulas y ecuaciones, si no mas bien consultando al fabricante o a los datos de placa, tomando en cuenta el uso del mismo.

### **3.4.3 Carga generada por ventilación.**

En general se admite algo de aire exterior por razones sanitarias y de confort. El calor sensible y el latente de este aire es mayor que el del aire del recinto, por lo cual se vuelve parte de la carga de enfriamiento. Sin embargo, el exceso de calor se elimina en general en el equipo de enfriamiento, y por lo tanto es parte de la carga de refrigeración, pero no de la carga del recinto.

Para calcular las cargas de enfriamiento sensible y latente debidas al aire de ventilación se usan las siguientes ecuaciones:

$$Q_s = 1.1 \times CFM \times CT$$

$$Q_l = 0,68 \times CFM \times (W_e - W_i)$$

Donde

$Q_s, Q_l$  = cargas de calor sensible y latente debido al aire de ventilación, BTU/h

$CFM$  = Flujo de aire de ventilación  $ft^3/min$

$CT$  = Cambio de temperatura entre el aire exterior e interior °F

$W_e, W_i$  = Relación de humedad exterior e interior, g de agua/lb de aire seco.

#### **3.4.4 Ganancia de calor por medio de infiltración.**

La infiltración de aire a través de fisuras en las ventanas o puertas ocasiona una ganancia de calor, tanto sensible como latente, en el recinto.

La mayor parte de los sistemas de acondicionamiento de aire en el invierno tienen ventilación mecánica que emplea algo del aire del exterior, con lo cual se reduce o se elimina la infiltración, porque se crea una presión positiva de aire dentro de la construcción. En este caso, el aire de ventilación no es una carga en el recinto, sino una carga para el equipo central de enfriamiento.

## CAPÍTULO 4

### SELECCIÓN DE UN EQUIPO DE REFRIGERACIÓN

#### 4.1 Criterios para selección del equipo

A la hora de elegir un equipo de acondicionamiento de aire hay que considerar diversos factores:

- La eficiencia de la regulación.- se pretende regular la temperatura y la humedad del ambiente. En general, una mejor regulación provoca una instalación de costo mas elevado.
- La exigencia del cliente.- el punto de vista del cliente puede ser un elemento a tener muy en cuenta en cuanto al diseño a considerar, el mismo que debe ir de la mano con los criterios de construcción y cálculo.
- La división en zonas del ambiente que se desea climatizar.- en general, se consideran dos zonas: una zona perimetral y otra zona interior.
- Por último e importante es primordial tener criterio ético, en el sentido de que la instalación que se diseña debe tener aplicaciones concretas en cuanto al campo y sobretodo una calidad en cuanto a normas o regulaciones vigentes. Es muy fácil realizar el diseño de un sistema de climatización cuando solo se toman en cuenta parámetros específicos y no todos aquellos que intervienen en el cálculo: como por ejemplo, la iluminación, la temperatura en el área, el alrededor, agentes externos, etc. En el diario vivir se encuentran diseños empíricos sin una base sustentable por buscar bajos costos, sobre todo en licitaciones del proyecto. En la tabla 6 se incluye una lista de posibilidades que solo pretenden tener un carácter orientativo. (Miranda, 2016)

**Tabla 6:** Recomendaciones para la selección de un sistema de acondicionamiento de aire

<b>Tipo de local</b>	<b>Recomendaciones</b>
Almacenes	Centrales, todo aire con regulación bypass
Bancos	Un sistema que permita regular bien la humedad
Cines y Teatros	Centrales, todo aire con regulación bypass
Hospitales	Inducción - Fan Coils
Hoteles	Fan Coils
Oficinas	Fan Coils
Ordenadores	Todo aire con regulación precisa de la humedad
Restaurantes	Centrales, todo aire con regulación bypass
Salas eléctricas	Centrales Split ( dividido ) o Centrales tipo Paquete

**Fuente:** Elaborador por Bernardo Parreño Grijalva.

## 4.2 Elección del sistema de acondicionamiento de aire

Para elegir el sistema de acondicionamiento de aire que se desea implementar en el proyecto de la instalación. Se deben considerar los siguientes criterios:

- Que el sistema permita asegurar de una forma eficaz el cumplimiento de las metas trazadas. A este criterio lo denominaremos “fiabilidad técnica”.
- Que el costo de la instalación sea el adecuado, tanto desde un punto de vista técnico, financiero y competitivo, sobre todo en el caso de licitaciones. A este criterio lo denominaremos “adecuación económica”.
- No todos los sistemas permiten garantizar con la misma fiabilidad la temperatura y la humedad del recinto que debemos climatizar. Ni todos ellos tienen el mismo costo de instalación y de ejercicio.

Costo de instalación.- Es el factor monetario que permite que se realicen las instalaciones y puestas en marcha del sistema de climatización, comprenden las siguientes características:

Realización del proyecto

Compra de los equipos

Transporte

Mano de obra de montaje

Puesta en funcionamiento

Costos de ejercicio: Es el dinero que hay que pagar por la factura energética, es decir por la corriente eléctrica, y por los gastos de mantenimiento y reparación cuando el sistema presente ciertos daños o desperfectos a través del tiempo.

Facturación eléctrica

Mantenimiento: mano de obra, puestas en marcha o funcionamiento.

Reparación de daños y averías

Antes de decidir el tipo de instalación, hay que tener presente que existen distintos niveles de complejidad: no es lo mismo una instalación de refrigeración en verano en unas oficinas con 5 o 6 dependencias, que la climatización en régimen anual de un edificio de 8 plantas, ni tampoco la climatización de una sala eléctrica en una industria que debe cumplir con estándares de diseño. (Miranda, 2016)

#### **4.2.1 Elección en base a la naturaleza del local**

La elección del equipos para cada lugar de trabajo a través del tiempo han ido cambiando dependiendo a los requerimientos del área, ya sea ésta de tipo industrial, doméstico o residencial.

Este criterio no es contradictorio con lo que hemos expuesto anteriormente. En realidad, se trata de criterios complementarios y a veces es necesario utilizarlos todos para llegar a determinar por exclusión el sistema más adecuado a nuestro caso.

#### **4.2.2 Calidad del sistema**

En términos generales podemos afirmar que la elección del sistema depende fundamentalmente del costo de la instalación y de la adecuación de las mismas a la demanda del cliente que solicita la climatización. Podríamos hablar de una escala de requisitos cuyo cumplimiento va complicando y encareciendo la instalación.

Consideramos la siguiente puntuación:

- Si la regulación de un parámetro tiene una importancia máxima,  $x \leq 5$  puntos.
- Si tiene una importancia mínima, 0 a 4 puntos.

En la tabla 4.2 hemos clasificado de 0 a 5 puntos de importancia que tienen los siguientes conceptos:

- Temperatura
- Humedad relativa
- Ruido
- Filtración del aire
- Velocidad del aire

Es evidente que si el cliente exige un nivel de calidad #5, el costo no será el mismo que si exige un nivel #2 o un nivel #3; por otra parte, si nos centramos en un determinado nivel de exigencia, los tipos de instalación quedarán bastante reducidos, porque no todos proporcionan la misma calidad, con lo que facilita la elección del sistema. (Miranda, 2016)

**Tabla 7:** Puntuación de 0 a 5 puntos de importancia en regulación de parámetros específicos para diversas aplicaciones

Tipo de Locales	Temperatura Relativa	Humedad	Ruido del aire	Filtrado del aire	Velocidad
Oficinas	4	2	3	3.5	3.5
Viviendas particulares	4.5	2.5	4	4	2.5
Habitaciones de hotel	4.5	2	4	3	3
Habitaciones de hospital	4.5	3.5	3.5	4	3.5
Clínicas en general	4.5	2.5	3.5	4	3
Cines, teatros	3.5	2	3.5	2	2.5
Supermercados	4	2	1	1.5	2
Salas de ordenadores	4	3	2.5	4	2
Naves industriales	3	0.5	1	2	2
Salas eléctricas	4	4	2.5	4	3

**Fuente:** Elaborado por Bernardo Parreño Grijalva

#### 4.2.3 Factores en consideración

Cuando se requiere de un montaje de un equipo de aire acondicionado, siempre a petición del propietario o arrendatario del local, en general deben estar claros y determinados los siguientes conceptos:

- Si su utilización es de ciclo anual, o solo de verano, o solo de invierno.
- Si se trata de un local ya construido, o de un local que todavía no se ha construido.

- La naturaleza del local: oficina, supermercado, cine, industrial, control de procesos, etc.
- El grado de confort que desea el cliente, si son oficinas o residencias.
- El clima general de la zona donde está ubicado y las condiciones exteriores.
- Las limitaciones exteriores, si existen.

### **4.3 Ductos del sistema de climatización.**

Para realizar el diseño de ductos, es necesario conocer la carga térmica que se genera en el área, se procede a seleccionar el equipo adecuado, existen varios tipos de equipos de acondicionamiento como los tipo ventana, de consola, Split, mini Split, tipo paquete, etc.

Para el diseño del sistema de ductería se utiliza una red de conductos, es necesario realizar el estudio para el diseño del sistema de climatización. El diseño de ductos debe tener ramales principales y auxiliares, en donde es dividida la distribución de aire por medio de rejillas y difusores.

En la etapa de la construcción se realiza el cálculo de materiales, elementos para soporte del equipo y la construcción de los sistemas de conductos y piezas para su fijación. La instalación es la parte en donde se instala el equipo de acondicionamiento de aire, el sistema de conductos con su respectivo soporte. Teniendo instalado todo el sistema completo, se procede al arranque del equipo y un tiempo de prueba para chequear el funcionamiento general.

### **4.3.1 Diseño del sistema de ductería**

Para realizar un diseño de ductería adecuado, se debe discutir la selección y ubicación de las rejillas de suministro de aire según el criterio del diseñador. Los criterios en cuanto al confort humano y la circulación del aire que se plantean en el diseño pueden proporcionar información importante para su elaboración. Sin embargo, el diseño estructural y requerimientos funcionales del área normalmente afectan al diseño en general debido a que existen áreas que no disponen de las facilidades para su instalación. Normalmente, las estructuras comerciales están construidas de tal forma que no permiten instalar los ductos del sistema de distribución de aire de una manera apropiada. En estos lugares el espacio es de gran importancia, tanto el techo como el piso, cualquier obstáculo puede afectar al efecto de distribución dentro del área. En dicha situación se debe utilizar un sistema de descarga simétrico. La remodelación de las estructuras de los locales puede requerir una gran cantidad de trabajo para el diseñador del sistema de acondicionamiento de aire pues debe adaptarse al nuevo diseño del comercial. La experiencia en el diseño de los sistemas de distribución de aire es un apoyo muy importante.

Para ventilar un espacio o área, ya sea impulsando aire o bien extrayéndolo, es normal tener que realizar una conexión a una turbina de extracción o inyección por medio de un conducto. El flujo del aire por tal conducto absorbe energía del ventilador que lo extrae ó impulsa debido al roce con las paredes, los cambios de dirección o los obstáculos que se hallan a su paso.

# **CAPÍTULO 5**

## **CRITERIOS PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS COMPLEMENTARIOS**

Los sistemas complementarios que se deben instalar en un equipo de acondicionamiento de aire son de vital importancia, ya que de ellos depende un óptimo funcionamiento para el equipo, y el cumplimiento también de características estéticas y de seguridad en una industria. (Galindo Ochoa, 2008)

Estos sistemas complementarios se enumeran a continuación:

- Tuberías de drenaje
- Conexión eléctrica
- Tuberías de cobre
- Filtro deshidratante
- Visores o indicador de humedad y líquido

### **5.1 Tuberías de drenaje**

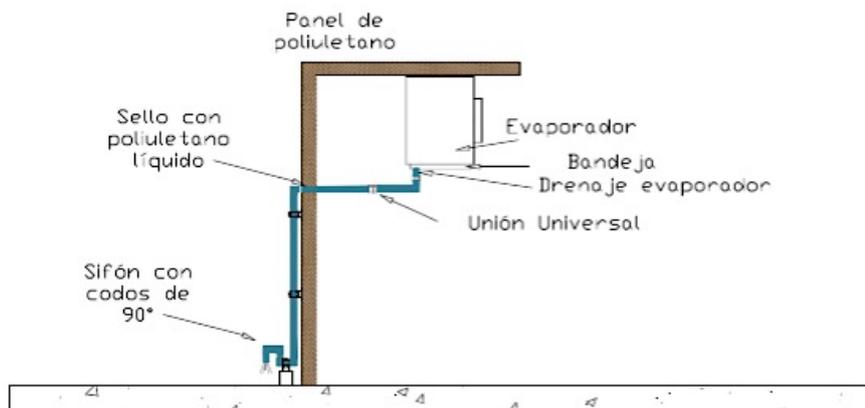
Para una correcta instalación de las tuberías de drenaje, es importante comprobar que el evaporador esté correctamente nivelado, es decir centrado, para que la bandeja del evaporador pueda conducir el agua de condensado hacia el drenaje en función, el cual junto con la bandeja nos da la facilidad de poder hacer una limpieza con agua y jabón. (Galindo Ochoa, 2008)

Lo más recomendable para un sistema de drenaje es utilizar una tubería de PVC del diámetro que amerite, puesto que este tipo de tubería no es conductora de temperatura, es económica y la ganancia de calor del exterior no es de importancia, ahorrándose además el tener que utilizar aislamiento para dicha tubería. Por el tipo de conexión de la bandeja del evaporador, se tiene que usar tubería de PVC para agua potable, por conceptos de mantenimiento resulta conveniente poner una unión universal para poder desacoplar y acoplar la tubería ya que de esta manera resulta mas fácil poder extraer la bandeja y realizar la limpieza debido a que con el tiempo, siempre se juntan sedimentos de lodos que se impregnan tanto en la bandeja como en el interior de la tubería pudiendo causar que la misma se obstruya. Luego de la unión universal, procedemos a conducir la tubería fuera del recinto y si existen otras unidades evaporadoras conectarla a la red de drenaje de condensado que formen, si ese no es el caso al final de esta tubería se debe de formar un sifón antes de descargar el agua de condensado a la red de drenaje local o a la intemperie.

El sifón evitará que las unidades evaporadoras succionen aire caliente del exterior del área o recinto climatizado, provocando que se incrementen las ganancias de calor en el mismo, si bien es cierto, es necesario un porcentaje de aire de renovación, tanto para disipar gases que pueden generarse a través de los productos dentro del área como para regular la humedad del mismo, pero esta cantidad de renovación de aire ya esta estimado en el abrir y cerrar de las puertas del área, por esta razón debemos de evitar la entrada de calor por la tubería de drenaje. No hay que pensar que el sifón va a quitarle la eficiencia a la evacuación de condensado de los evaporadores, es por ello que se recomienda la instalación del sifón en el exterior del área y donde se marque una diferencia de altura considerable, ya que el agua que entra en el sifón hace que entre en igual proporción por el otro lado, con ello estamos

garantizando un ambiente hermético en la entrada de aire al evaporador y el retorno del condensado a la bandeja del mismo, para que no sea posible que éste se llene y rebose dentro del recinto. (Galindo Ochoa, 2008)

En industrias grandes, es conveniente el acumulado de condensado antes de descargarlo a la red de drenajes, el cual se recolecta en un recipiente plástico para su utilización, ya que este condensado es una agua desmineralizada que se puede utilizar para el mantenimiento de baterías de ácido - plomo que se utilizan en los vehículos, tractores etc. Así mismo es importante una correcta instalación del drenaje debido a que en la fábrica muchas veces los equipos de refrigeración se ubican cerca de motores, cajas reductoras, bombas, y es importante que el agua de condensado este bien dirigida hacia las redes de drenaje de la industria.



**Figura 17:** Línea de drenaje construida por una tubería de material PVC, más los accesorios conectados al evaporador

**Fuente:** [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0152\\_ME.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0152_ME.pdf)

## 5.2 Conexión eléctrica

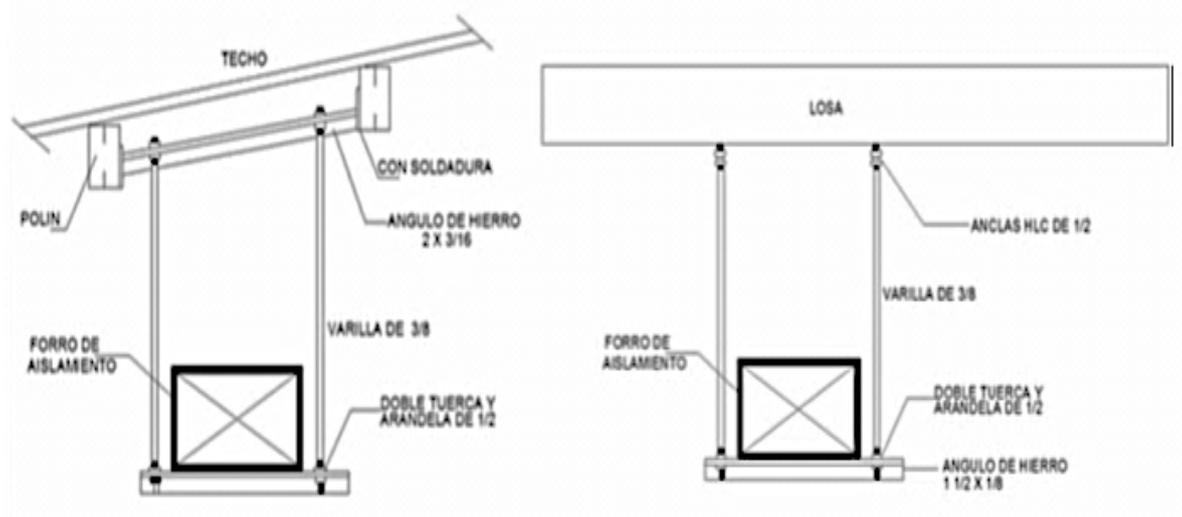
Las conexiones eléctricas pueden darse de una manera diferente dependiendo del tipo de aire acondicionado al cual se requiere realizar el punto eléctrico.

### **5.2.1 Requisitos eléctricos para una unidad tipo split**

Las unidades de climatización pueden ser monofásicas o trifásicas, los equipos de hasta 5 toneladas requieren un punto eléctrico de 240 voltios; a diferencia de los equipos mayores a 5 toneladas, que requieren un punto de 440 voltios es decir, este equipo tendría la característica de ser trifásico. También cabe recalcar que cuando se requiere mayor voltaje para suministrar estas u otras cargas de condiciones de 440 voltios es necesaria una subestación eléctrica para potenciar ésta energía y transformarla. (Colocho López, Guzmán Álvarez, & Daza Jiménez, 2011)

### **5.2.2 Requisitos estructurales para una unidad tipo split**

Los requisitos estructurales no son más que el peso de los equipos al momento de realizar el montaje de los mismos. Estos suelen colocarse sobre una base de concreto o en su mayoría sobre una base de estructura metálica, como se mencionó en los capítulos anteriores. Cuando los equipos de tipo split son utilizados en la industrias, estos se sujetan por medio de un anclaje al entretecho sin interferir con las vigas u otras instalaciones que se encuentren, debido a que se requiere ese espacio para la colocación de ductos. Estos ductos cuya función es distribuir el aire a los diferentes espacios que se desean climatizar van anclados a la losa de concreto como se muestra a continuación:



**Figura 18:** *Fijación del ducto del sistema de climatización al entretecho*

**Fuente:** <http://image.slidesharecdn.com/manualtablaroca2005mt200-130905175911-95/manual-tablaroca-2005-mt200-18-638.jpg?cb=1378403975>

### 5.2.3 Requisitos eléctricos para una unidad tipo paquete

Las unidades de climatización pueden ser monofásicas hasta 5 toneladas o trifásicas hasta 25 toneladas, mayores 25 toneladas son equipos que pueden requerir 480 voltios para reducir su costo y mejorar la eficiencia, debido a que se puede tener una mejor distribución de energía. Y al igual que como se mencionó anteriormente, es necesario el uso de una subestación eléctrica para potenciar esta energía y transformarla. (Colocho López, Guzmán Álvarez, & Daza Jiménez, 2011)

### 5.2.4 Requisitos estructurales para una unidad tipo paquete

Para los requisitos estructurales de este tipo de unidad es necesario tener una losa lo suficientemente resistente para soportar el peso de la misma, lo cual es un punto primordial para el diseño que se desea implementar y para el montaje.

Al igual que los requisitos estructurales para una unidad de tipo split se deben considerar los espacios del entretecho de tal manera que al instalarse los ductos de climatización, estos no afecten con los demás sistemas que puedan encontrarse en ese lugar. (Colocho López, Guzmán Álvarez, & Daza Jiménez, 2011)

### **5.3 Tuberías de refrigeración**

Las tuberías son el medio que conduce el refrigerante entre el evaporador y equipos del condensador, cuyos fabricantes se encargan del diseño e instalación del sistema de tuberías que integran los equipos que se soliciten dentro de la unidad condensadora en el momento de emitir la orden de compra. No cualquier tubería de cobre se puede usar en refrigeración, puesto que no prestan dichas características como las que pueden ser:

- Proveer el flujo adecuado de refrigerante.
- Evitar una excesiva caída de presión al flujo de refrigerante.
- Evitar la entrada de humedad al sistema, ya que esto produce ácidos que destruyen al cobre en combinación con los refrigerantes.
- Resistencia a las presiones que se manejan en un sistema frigorífico .
- Que tenga una buena conductividad, ya que su propósito es la transferencia de calor.

El diámetro de la tubería es la que define la no restricción del flujo del refrigerante, por lo que se debe de seleccionar el diámetro adecuado para dicho propósito.

Teniendo presente que mientras mayor diámetro tenga la tubería de cobre, menos pérdidas habrán en el sistema, pero su costo se incrementa considerablemente, aún así, tenemos que instalar la tubería de diámetro requerido por la distancia entre equipos para lograr que nuestro sistema brinde un servicio que fluctúe entre 90 a 95% de eficiencia, reduciendo de esta forma el consumo de energía lo que hace rentable la inversión del diámetro de tubería recomendado. (Galindo Ochoa, 2008)

### **5.3.1 Tipos de tuberías**

El tubo de cobre es uno de los elementos más utilizados en la refrigeración, ya que es el que suministra el transporte del refrigerante en forma de líquido y vapor. El mantenimiento de la tubería depende en gran parte del funcionamiento de la planta, por lo que se debe de tener un gran cuidado en lo que es limpieza de las instalaciones y en la calidad de los suministros, para evitar la humedad, suciedad y oxidación, factores que son los enemigos de la tubería y accesorios de todo el sistema del equipo de refrigeración. Por tal razón la manufactura de los tubos de cobre destinados para el uso de refrigeración cumplen con las más altas exigencias de calidad. (Galindo Ochoa, 2008)

- Tubo sin costura,
- Material homogéneo y sin fallas,
- Diámetro exterior precisamente calibrado,
- Interior del tubo limpio y seco con una superficie perfectamente lisa
- Finales del tubo cerrados al vacío y protegido.

**Tabla 8:** Tipos de tuberías de cobre

Tipo - Temple	Longitud del tramo (m)	Campo de aplicación
"M" Rígido	6.1	Para Instalaciones hidráulicas de agua en casas y edificios habitacionales y comerciales. Disponibles en diámetros comerciales de 3/8" a 4". Se identifica por letras rojas.
"L" Rígido	6.1	Para Instalaciones de gas, tomas domiciliarias, redes de agua fría o caliente y en edificios donde se requiere presión. Disponibles en diámetros comerciales de 3/8" a 4". Se identifica por letras azules.
"K" Rígido	6.1	Instalaciones de tipo industrial, para la conducción de líquidos y gases en condiciones severas de presión y temperatura. Disponible en 3/8" a 2". Se identifican por letras verdes.
"L" Flexible	18.3	Tomas domiciliarias, redes subterráneas para instalaciones de gas y aire acondicionado. Disponibles en 1/a 1".
Refrigeración	15.24	Se recomiendan en instalaciones de refrigeración. Esta tubería se caracteriza por ser deshidratada y por tener puntas selladas. Disponibles en 1/8" a 3/4".
Usos Generales	15.24	Para instalaciones de gas, redes de agua fría y caliente, líneas principales de edificios de gran altura . Disponibles en 1/8" a 3/4".

Fuente: Elaborado por Bernardo Parreño Grijalva.

Dentro de las cualidades de la tubería de cobre aplicados a la refrigeración se pueden enfatizar los siguientes puntos:

Tubería rígida:



- Deshidratada
- Longitud de 5.8 a 6 metros
- Selladas al vacío en medidas de 3/8" hasta 3 5/8".

**Figura 19:** Tubería rígida de cobre

Fuente: <https://www.google.com.ec/?client=safari#q=tuberias+de+cobre+rigidas+y+flexibles>



Tubería en rollos:

- Deshidratada
- Longitud de 15.24 metros
- Medidas desde 1/8" a 7/8"

**Figura 20:** *Tubería en rollos de cobre*

**Fuente:** <https://www.google.com.ec/?client=safari#q=tuberias+de+cobre+rigidas+y+flexibles>

### **5.3.2 Líneas de gas caliente**

La línea de gas caliente es la tubería que sale del compresor y que conduce el refrigerante caliente sobrecalentado al condensador de la máquina, pero existen sistemas en que el compresor, condensador y otros equipos se encuentran a distancias considerables, donde la instalación de esta tubería ya lleva detalles para cada uno de los casos que se puedan presentar, para buscar la mejor ubicación de los equipos en instalaciones ya existentes, o mejor aún si se puede hacer un diseño del inmueble, hay que lograr el mejor acomodamiento de dichos equipos de refrigeración, tomando en consideración las distancias mínimas que se pueden lograr entre equipos, tanto para las unidades condensadoras como evaporadoras. (Galindo Ochoa, 2008)

### **5.3.3 Líneas de succión**

A pesar de la trampa de aceite que tiene el condensador, siempre hay partículas de aceite mezclado en el refrigerante, el mismo que se logra separar del

refrigerante cuando éste llega a grandes temperaturas dentro del evaporador, dejando el aceite en estado líquido dentro del mismo, en el transcurso del tiempo, el evaporador puede llegar a sobrepasar el límite de aceite, para evitar esto, la tubería de succión lleva una disposición de diseño para que pueda evacuar este aceite acumulado y a la vez conducirlo hacia el compresor, ya sea por velocidad o por gravedad.

El diseño de la línea de succión es más complicado que la de línea de gas caliente, debido a que el retorno de este aceite es más difícil, pues requiere de que el refrigerante maneje una buena velocidad, para que el vapor del mismo pueda elevar las partículas de aceite líquido y de esta forma evacuarlo de los evaporadores.

Los tramos de tubería horizontal, deben de conservar la misma pendiente de la tubería de gas caliente, la cual debe de estar a favor del flujo, para que éste retorne por medio de gravedad. (Galindo Ochoa, 2008)

#### **5.4 Filtro deshidratante**

Los filtros deshidratantes son de una construcción sólida, en forma de una piedra porosa moldeada, compactado en forma de cartucho, conteniendo una mezcla de materiales altamente deshidratantes, característica propia para un prolongado funcionamiento de un sistema de refrigeración, por la retención de humedad que evita la formación de ácidos, retención de polvos que evitan la formación de ácido y barnices que vienen a degradar el aceite del sistema, los cuales son enemigos que pueden llegar a destruir los diferentes elementos que componen un equipo de refrigeración como los que se mencionan a continuación:

### **5.4.1 Humedad**

El agua ( $H_2O$ ) es un elemento activo en la humedad presente en el ambiente, el cual puede ser absorbido por los aceites Polyol Ester (POE), que al exponerse por mucho tiempo a la atmósfera, estos absorben humedad, misma que puede producir hielo en la VE y también es factor importante en la formación de ácidos que corren los elementos, dando origen a la formación de lodos producto de la corrosión, por tal razón debemos de tener un filtro secador tanto en la línea de líquido como de succión, para tener un equipo seguro y a salvo, manteniendo un nivel de humedad tan bajo como sea posible.

### **5.4.2 Polvo**

El polvo, óxido, lodos, fusión y partículas de metal, son frecuentemente formadas en estos sistemas de refrigeración, las cuales pueden rallar la superficie de los cilindros, cojinetes, tuberías y las VE.

### **5.4.3 Ácidos**

Los ácidos son producto de reacciones químicas entre los refrigerantes y la humedad, o bien reacciones de diferentes refrigerantes cuando son sometidos a alta temperatura, originando ácidos como el ácido Clorhídrico, Fluorhídrico y varios ácidos orgánicos que reaccionan con el papel aislante del motor, la reacción por humedad produce la formación de ácido Hidroclorhídrico y hidrofúorhídrico causado por la hidrólisis del agua.

#### **5.4.4 Barro y barnices**

La contaminación por barro o barniz se forma cuando en un sistema se tiene una alta temperatura de descarga, provocando que el aceite se descomponga, dando lugar a barniz, barros y ácidos orgánicos, produciendo una contaminación de carácter crítico, lo cual influye en el mal funcionamiento del equipo, manteniendo el refrigerante sobrecalentado, causado por un condensador obstruido, falla de ventiladores u otros factores.

Cuando llegamos a la producción de este tipo de contaminante, es señal de que los filtros actuales ya no trabajan adecuadamente, debido a que esto se encuentran completamente saturados y los mismos pueden llegar a desboronarse, teniendo otro nuevo inconveniente en nuestro sistema; ya que estos filtros son elaborados de materiales resistentes que se los asemeja al material de una piedra que puede terminar de dañar nuestro equipo. Para la determinación de las condiciones de estos filtros, se debe observar el comportamiento del visor junto al filtro, en donde se puede constatar la humedad y por medio de el burbujeo se puede esclarecer que si la presión de alta, está baja, se debe a que el sistema tiene una baja carga de refrigerante y si ésta es correcta, entonces es señal de que el filtro ya cumplió con su función y se debe de parar el equipo para su reemplazo.

En la actualidad estos filtros vienen sellados de fábrica, los cuales deben de ser cambiados dentro las primeras 24 a 48 horas, para que estos recojan todo tipo de impurezas que puedan quedar de los trabajos de instalación de tuberías y accesorios, como también aquella humedad que el sistema puede absorber por alguna fuga o una mala soldadura, este trabajo es complejo debido al tiempo que se toma, puesto que se tiene que desmontar los filtros sellados y soldar de nuevo los nuevos filtros.



**Figura 21:** *Filtros deshidratantes*

**Fuente:** <https://www.google.com.ec/?client=safari#q=filtros+de+aire+acondicionado>

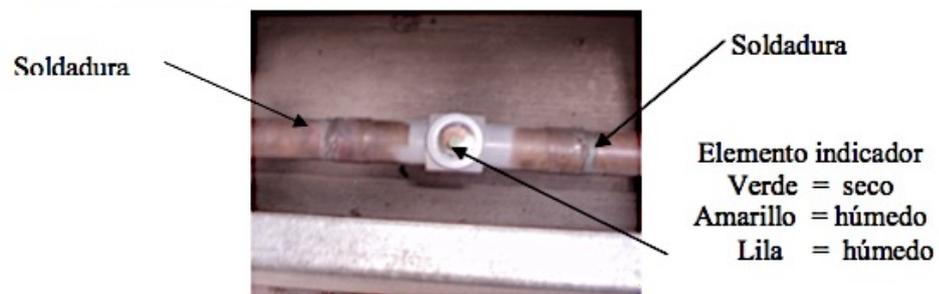
## 5.5 Visores o indicadores de humedad y líquido

Los indicadores de humedad y líquido vienen diseñados para varios tipos de refrigerantes, en donde el color verde oscuro nos indica que nuestro sistema esta seco o sea libre de humedad, si en nuestro sistema hay humedad, el punto de la mira se pone de un color amarillo brillante o de color lila para otros modelos, los cuales detectan millonésimas cantidades de humedad para cada refrigerante.

Cuando apreciamos burbujas dentro del visor, es señal de una baja carga de refrigerante o de una restricción al paso del refrigerante que se puede reflejar en filtro de líquido saturado, el mismo que debe ser reemplazado; para determinarlo se debe realizar un chequeo de presiones del sistema.

Debemos de tener el cuidado de seleccionar un visor, cuyo cuerpo sea igual al diámetro de la tubería de la línea de líquido, con el propósito de evitar al mínimo caídas significantes de presión en la misma.

Para una correcta instalación debemos de envolver el visor en wiper mojado con agua, para evitar que el calor de la soldadura pueda dañar las propiedades del papel que indica la concentración de humedad en el sistema, este tipo de accesorio no tienen una posición fija en su instalación, pero si una dirección de flujo, lo recomendable es colocarlo en una posición horizontal con una pequeña inclinación para tener una mejor visibilidad del punto indicador de humedad como se observa en la siguiente figura:



**Figura 22:** Estado de soldadura en un filtro

**Fuente:** [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0152\\_ME.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0152_ME.pdf)

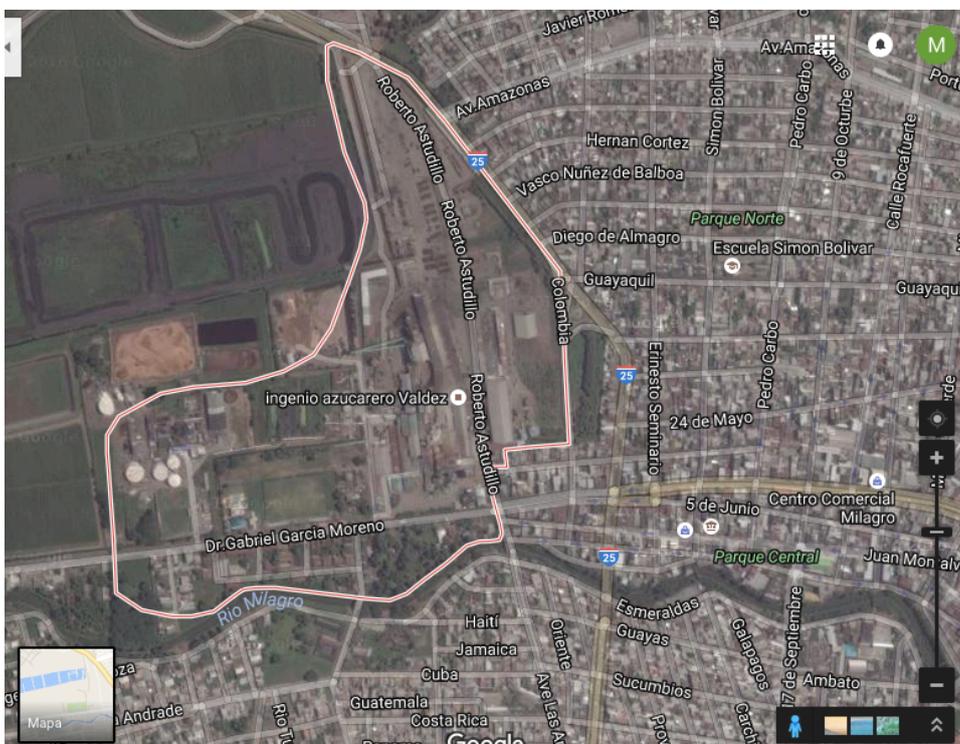
## PARTE II APORTACIONES

### CAPÍTULO 6

#### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

##### 6.1 Ubicación del proyecto.

El proyecto de estudio para el diseño y cálculo de un sistema de acondicionamiento de aire industrial con unidades de paquete y split ducto para áreas críticas se llevó acabo en la Azucarera Valdez S.A. perteneciente al consorcio Nobis, ubicada en la ciudad de Milagro, Dr. García Moreno s/n y Roberto Astudillo.



**Figura 23:** Referencia Google Maps de la ubicación de la Azucarera Valdez S.A.

**Fuente:** Google Maps

## **6.2 Referencia del proyecto**

El Ingenio Valdez fue fundado en 1884 por Rafael Valdez Cervantes en lo que hoy es la ciudad de Milagro, en 1922 se constituye en la ciudad de Guayaquil, Compañía Azucarera Valdez S.A., siendo sus dueños los sucesores de Rafael Valdez Cervantes. En 1992 es adquirida por la Corporación Noboa y es a partir de 1996 que el Consorcio Nobis dirige sus destinos hasta la actualidad.

El Ingenio Valdez se dedica al cultivo de caña de azúcar, producción y comercialización de azúcar (blanco, blanco especial, morena, blanco light, morena light, cruda) y panela. Valdez, es el único ingenio del Ecuador en recibir el Certificado de la Renovación del Sello INEN. (Azucarera Valdez)

La compañía Azucarera Valdez innova con su nueva tecnología de extracción del jugo de caña. Tiene una reducción del 65.85% en adquisiciones de lubricantes para el proceso de extracción de azúcar, por la incorporación de la nueva tecnología de extracción y reutilización de aceites para diálisis.

Uno de los puntos mas importantes, su energía, la cual proviene del uso de bagazo como combustible y eliminación del 100% del consumo de bunker. (Azucarera Valdez)

## **6.3 Descripción del estado actual del proyecto**

Se ha tomado como estudio una de las áreas mas importantes dentro de la industria Azucarera, como lo es el área de:

- Centro de Control de Motores Centrífuga de primera (CCM Centrífuga)

El área de Centrífuga, perteneciente a la misma compañía cumple una función muy importante dentro del proceso de producción de azúcar; en esta área se encuentran variadores de frecuencia, es decir equipos de control, estos deben mantenerse en un correcto funcionamiento, un mal funcionamiento podría provocar pérdidas en la industria, por lo cual este es otro aspecto en donde veremos la importancia de mantener este tipo de áreas climatizadas.

En todo proceso industrial, los sistemas eléctricos y de automatización comúnmente se encierran dentro de gabinetes o tableros eléctricos; ya sea para resguardarlos de ambientes adversos, como para protegerlos del usuario. Sin embargo estos equipos al estar dentro de estas estructuras, las temperaturas de operación pueden superar los rangos soportados por el equipo. Una temperatura no adecuada de dichos tableros reduce su vida útil y su rendimiento en cuanto a los equipos eléctricos y electrónicos que se encuentran dentro de este gabinete. Por eso es muy importante tener un sistema de climatización que brinde las seguridades que estos tipos de equipos requieren. (Electro Industria, 2015)

Entre las desventajas de no contar con un sistema de climatización robusto para un tablero eléctrico, podemos mencionar las siguientes:

- Sobrecalentamiento de conductores
- Mala operación de interruptores termomagnéticos
- Humedad dentro del tablero (Electro Industria, 2015)

Se debe contar con un sistema de climatización óptimo para no tener pérdidas de producción y bajas en equipos.

## CAPÍTULO 7

### CÁLCULO DE LAS CARGAS DEL PROYECTO

#### 7.1 Datos de planteamiento para el área de CCM Centrifuga de Primera

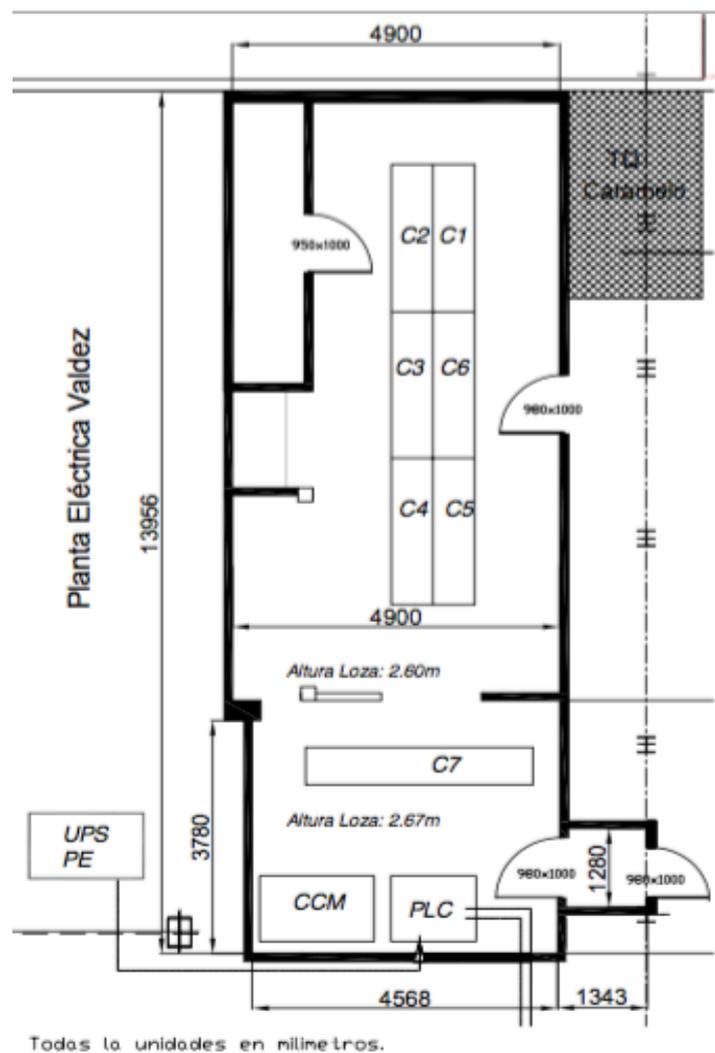
La extensión que comprende el área "Centro de Control de Motores Centrifuga de primera", cuenta con un área total de  $721,93 \text{ ft}^2$  ( $67,07 \text{ m}^2$ ), además el área contaba con 3 equipos de climatización de 60.000 BTU tipo split ducto; los mismos que cumplieron su vida útil y requieren la reposición de los mismo.

#### 7.2 Cálculo de las cargas de enfriamiento para las estructuras exteriores e interiores del área de CCM Centrifuga de Primera

Para el siguiente cálculo, se establecieron las condiciones interiores de diseño basados específicamente en los datos de placa del fabricante de las consolas que contiene los variadores de frecuencia marca: Siemens y Master Drive. La temperatura de diseño interior que se ha tomado para realizar el cálculo es de  $73^\circ\text{F}$  equivalentes a  $23^\circ\text{C}$ , temperatura en la cual los variadores de frecuencia actúan al 100% de su eficiencia. La temperatura exterior establecida para el diseño es de  $87^\circ\text{F}$  equivalente a  $31^\circ\text{C}$ .

Las ganancias de calor por conducción en el área se generan a través de: techos, paredes, vidrios y pisos; éstas pueden ser calculadas por medio de las ecuaciones establecidas en el capítulo #3.

El área de proyecto esta compuesta de 4 paredes (NORTE, SUR, ESTE, OESTE), la pared ESTE es medianera con un recinto no acondicionado que se encuentra a una temperatura de 79°F. El techo es medianero con el área de "Tachos", en la cual se generan temperaturas de 87°F (31°C), la paredes NORTE, SUR, Y OESTE dan al exterior . Para obtener el área total del proyecto dividimos el plano en dos secciones, porque existen dos alturas (2,60m y 2,67m) , en el siguiente plano se podra apreciar los datos mencionados:



**Figura 24:** Vista General del área de CCM Centrifuga de primera

El análisis de las estructuras ( techos, paredes, puertas ) se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 9:** Síntesis del diseño de cálculo del sistema de climatización del área de CCM Centrifuga de primera

Conducción a través de estructuras exteriores				
Pared norte (N1) :	Pared norte (N2) :	Pared sur (S1):	Pared sur (S2):	Pared oeste:
DTCE: 15°F (Anexo 3) LM: 12 (Anexo 4) U: 0,32 ( Anexo 2) Área: 284,60 $ft^2$ K=1 $t_o=87^\circ F$ $t_r=73^\circ F$ DTCE e=25°F Q= 2.276,80 BTU/H $t_o=78^\circ F$	Ancho: 2,67 m Largo: 3,78 m Área: 108,60 $ft^2$ DTCE e=25°F Q= 868,80 BTU/H	Ancho: 2,60 m Largo: 10,17 m Área: 284,60 $ft^2$ DTCE: 29°F (Anexo 3) LM: 5 (Anexo 4) U: 0,32 ( Anexo 2) K=1 $t_o=87^\circ F$ $t_r=73^\circ F$ DTCE e=32°F Q= 2.914,30 BTU/H	Ancho: 2,67 m Largo: 3,78 m Área: 79,54 $ft^2$ DTCE: 29°F (Anexo 3) LM: 5 (Anexo 4) U: 0,32 ( Anexo 2) K=1 $t_o=87^\circ F$ $t_r=73^\circ F$ DTCE e=32°F Q= 814,49 BTU/H	Ancho: 2,67 m Largo: 4,57 m Área: 131,32 $ft^2$ DTCE: 20°F (Anexo 3) LM: -3 (Anexo 4) U: 0,32 ( Anexo 2) K=1 $t_o=87^\circ F$ $t_r=73^\circ F$ DTCE e=15°F Q= 966,54 BTU/H
Conducción a través de estructuras interiores				
Pared este:	Techo (T1)	Techo (T2)	Alumbrado	Equipos
Ancho: 2,60 m Largo: 4,90 m Área: 137,13 $ft^2$ Te= 82 °F DT= 9°F Q= 394,33 BTU/H	Ancho: 4,9 m Largo: 10,17 m Área: 536,36 $ft^2$ Losa de concreto de 6"= 0,16 $t_o=87^\circ F$ $t_r=73^\circ F$ Q= 1201,44 BTU/H	Ancho: 3,78 m Largo: 4,57 m Área: 185,87 $ft^2$ Losa de concreto de 6" $t_o=87^\circ F$ $t_r=73^\circ F$ Q= 416,34 BTU/H	Lamparas fluorescentes: 8 (50 watts c/u) = 400 W FB:1,25 FCE: 1 Q= 1700 BTU/H	Equipos Siemens: el de mayor proporción contiene 6 variadores de frecuencia en su interior, que a su vez controlan 6 motores. Master Drive: contiene 1 solo variador de frecuencia. Q= 190.000 BTU/ H

Los cálculos de DTCE se obtuvieron a través del Anexo 1, se realizó la corrección para latitud y MES (LM) considerando 0° al norte en el anexo 4.

El factor ( K ) va a ser igual a 1 debido a que el proyecto está ubicado en un área industrial, el valor de ( f ) es igual a 1, porque en este caso no hay ventiladores ni cielo raso, los cálculos serán realizados mediante la siguiente fórmula:

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)] \times K + (78 - t_r) + (t_o - 85) \star f$$

- **Conducción de las estructuras exteriores:**

Para obtener resultados con mayor exactitud se ha dividido la pared norte en dos secciones (N1 y N2), esto debido a que en el lado donde se encuentran los variadores #1,2,3,4,5,6 está elevado 7cm es decir que hay diferentes alturas por ende diferentes áreas, de igual forma para la pared sur (S1 Y S2).

**Pared norte (N1) :**

Datos:

DTCE: 15°F (Anexo 3)

LM: 12 (Anexo 4)

U: 0,32 ( Anexo 2)

Área: 284,60ft<sup>2</sup>

K=1

t<sub>o</sub> = 87°F

t<sub>r</sub> = 73°F

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)] \times K + (78 - t_r) + (t_o - 85)$$

$$DTCE_e = [(15 + 12)] \times 1 + (78 - 73) + (87 - 85)$$

$$DTCE_e = 25°F$$

$$Q = U \times A \times DTCE_e$$

$$Q = 0,32 \times 284,60 \times 25^\circ\text{F}$$

$$Q = 2.276,80 \text{ BTU/H}$$

NOTA: La temperatura de diseño exterior que es aplicada en la fórmula se debe a una corrección debido a la diferente temperatura que se puede producir a lo largo del día (salto térmico), en este caso se tiene un salto térmico de 18°F de acuerdo a información obtenida por el INAMHI para el mes de junio, la temperatura de diseño exterior es 87°F, de esta forma obtenemos la corrección de temperatura:

$$t_o = 87 - \frac{18}{2}$$

$$t_o = 78^\circ\text{F}$$

### **Pared norte (N2) :**

Datos

Ancho: 2,67 m

Largo: 3,78 m

Área: 108,60  $ft^2$

$$DTCE_e = 25^\circ\text{F}$$

$$Q = U \times A \times DTCE_e$$

$$Q = 0,32 \times 108,60 \times 25^\circ\text{F}$$

$$Q = 868,80 \text{ BTU/H}$$

**Pared sur (S1) :**

Datos

Ancho: 2,60 m  
Largo: 10,17 m  
Área: 284,60  $ft^2$   
DTCE: 29°F (Anexo 3)  
LM: 5 (Anexo 4)  
U: 0,32 ( Anexo 2)  
K=1  
 $t_o = 87^\circ\text{F}$   
 $t_r = 73^\circ\text{F}$

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)]x K + (78 - t_r) + (t_o - 85)$$

$$DTCE_e = [(29 + 5)] x 1 + (78 - 73) + (78 - 85)$$

$$DTCE_e = 32^\circ\text{F}$$

$$Q = U \times A \times DTCE_e$$

$$Q = 0,32 \times 284,60 \times 32^\circ\text{F}$$

$$Q = 2.914,30 \text{ BTU/H}$$

**Pared sur (S2) :**

Datos

Ancho: 2,67 m  
Largo: 3,78 m  
Área: 79,54  $ft^2$   
DTCE: 29°F (Anexo 3)  
LM: 5 (Anexo 4)  
U: 0,32 ( Anexo 2)  
K=1  
 $t_o = 87^\circ\text{F}$   
 $t_r = 73^\circ\text{F}$

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)]x K + (78 - t_r) + (t_o - 85)$$

$$DTCE_e = [(29 + 5)] x 1 + (78 - 73) + (78 - 85)$$

$$DTCE_e = 32^\circ\text{F}$$

$$Q = U \times A \times DTCE_e$$

$$Q = 0,32 \times 79,54 \times 32^\circ\text{F}$$

$$Q = 814,49 \text{ BTU/H}$$

### **Pared oeste:**

Datos

Ancho: 2,67 m

Largo: 4,57 m

Área: 131,32  $ft^2$

DTCE: 20°F (Anexo 3)

LM: -3 (Anexo 4)

U: 0,32 ( Anexo 2)

K=1

$t_o = 87^\circ\text{F}$

$t_r = 73^\circ\text{F}$

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)]x K + (78 - t_r) + (t_o - 85)$$

$$DTCE_e = [(20 - 3)] x 1 + (78 - 73) + (78 - 85)$$

$$DTCE_e = 15^\circ\text{F}$$

$$Q = U \times A \times DTCE_e$$

$$Q = 0,32 \times 131,32 \times 15^\circ\text{F}$$

$$Q = 966,54 \text{ BTU/H}$$

- **Conducción a través de estructura interna.**

**Pared este:**

Datos

Ancho: 2,60 m

Largo: 4,90 m

Área: 137,13  $ft^2$

DT: El valor de DT es la diferencia de temperatura del área climatizada con respecto a la temperatura del área aledaña, sino se conoce la temperatura de dicha área se asume que se encuentra a  $-5^{\circ}F$  de la temperatura exterior.

Te: Es la temperatura exterior que se asume con respecto a la temperatura exterior de diseño,  $87^{\circ}F$

$$T_e = 87^{\circ}F - 5^{\circ}F = 82^{\circ}F$$

$$DT = 82^{\circ}F - 73^{\circ}F = 9^{\circ}F$$

$$Q = U \times A \times DT$$

$$Q = 0,32 \times 137,13 \times 9$$

$$Q = 394,33 \text{ BTU/H}$$

- **Techo**

Para obtener resultados con mayor exactitud se ha dividido el techo en dos secciones (T1 y T2), esto debido a que en el lado donde se encuentran los variadores #1,2,3,4,5,6 existe mayor área como se puede apreciar en el plano.

El techo esta construido de losa de concreto de 6", y además es medianera con el área de tachos, la cual produce altas temperaturas puesto que allí llega el jugo extraído en procesos anteriores para ser tratado, ese jugo esta sometido a muy altas temperaturas y se produce calor.

**T1:**

Ancho: 4,9 m  
Largo: 10,17 m  
Área: 536,36  $ft^2$   
Losa de concreto de 6" = 0,16  
 $t_0 = 87^\circ F$   
 $t_r = 73^\circ F$

Cuando no se conoce la temperatura del espacio sin acondicionar , se emplea con frecuencia una aproximación que consiste en suponer que esta a 5°F menos que la temperatura exterior ( $t_r$ ), pero en este estudio se trabajará con la temperatura de diseño exterior debido a las altas temperaturas del área medianera.

$$Q = U \times A \times DT$$

$$Q = 0,16 \times 536,36 \times 14$$

$$Q = 1201,44 \text{ BTU/H}$$

**T2:**

Ancho: 3,78 m  
Largo: 4,57 m  
Área: 185,87  $ft^2$   
Losa de concreto de 6"  
 $t_0 = 87^\circ F$   
 $t_r = 73^\circ F$

$$Q = U \times A \times DT$$

$$Q = 0,16 \times 185,87 \times 14$$

$$Q = 416,34 \text{ BTU/H}$$

- **Alumbrado**

Lamparas fluorescentes: 8 (50 watts c/u) = 400 W

FB:1,25

FCE: 1

$$Q = 3.4 \times W \times FB \times FCE$$

$$Q = 3.4 \times 400 \times 1,25 \times 1$$

$$Q = 1700 \text{ BTU/H}$$

- **Equipos ( Gabinetes – Variadores de Frecuencia Siemens )**

El área de CCM Centrifuga de primera, cuenta con dos gabinetes de variadores de frecuencia.

Uno de ellos, marca Siemens: el de mayor proporción contiene 6 variadores de frecuencia en su interior, que a su vez controlan 6 motores, por lo tanto se establece un rango de potencia de disipación que fluctúa entre 130.000 BTU / 140.000 BTU.

El otro gabinete, marca Master Drive: contiene 1 solo variador de frecuencia, por lo tanto se establece un rango de potencia de disipación que fluctúa entre 40.000 BTU / 50.000 BTU

El total de carga de enfriamiento según el cálculo es de 9293,16 BTU/H

Dando como resultado: 189.293, 16 BTU/H

Este cálculo en BTU no cubre las necesidades en cuanto a mantenimiento o averías de los equipos. Por eso es importante tener un sistema flexible de climatización es decir, el resultado en cuanto a BTU es la utilización de 3 Centrales split tipo ducto de 60.000 BTU c/u pero esto solo nos serviría para cumplir con el enfriamiento que requiere el equipo más no el cuarto en donde éste equipo se desenvuelve.

Mi recomendación es la adquisición de 5 unidades de climatización tipo Split ducto. La implementación de 4 unidades de este tipo mantendrían un ambiente deseable y óptimo para su desarrollo. La quinta unidad que se recomienda, es una unidad de tipo emergente, que permita que el área se desarrolle entre un 80% - 95% cuando un equipo se encuentre en mantenimiento o en reparación. Es importante considerar este aspecto, debido que al campo en donde se esta aplicando el estudio, es un campo industrial de producción, si llegara a fallar un área de estas podría causar pérdidas a la empresa; no se puede dejar de considerar que son industrias que trabajan las 24 horas del día los 6 meses del año en su época de Zafra.

## **CAPÍTULO 8**

### **DISEÑO DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO**

#### **8.1 Vista General desde Autodesk del área de Centrifuga**

El diseño de la implementación de las unidades de climatización en el área de CCM de Centrifuga de primera se encuentra en el Anexo 6 del proyecto.

#### **8.2 Explicación del diagrama de Autodesk**

Como se puede apreciar en la figura 25, se tiene la perspectiva del área de Centrifuga con las 5 unidades de climatización tipo split ducto y como éstas a su vez esán acopladas al ducto. Se puede apreciar que dentro del área en el centro se encuentran los variadores de frecuencia y como el ducto bordea a los mismos. De un lado de área se puede apreciar los evaporadores de las máquinas #1, #2 y #3 sin retorno acopladas al ducto de climatización.

Por otra parte tenemos los evaporadores de las máquinas #4 y #5 que se encuentran en la parte exterior del área, por tal motivo estos evaporadores tienen su ducto de retorno acoplados al ducto de mando del área de centrifuga.

Las unidades condensadoras se encuentran a una distancia de 25 metros del área de centrifuga, como se estudió en el marco teórico estas máquinas tipo split necesitan estar conectadas entre si mediante la cañería de cobre cubiertas con rubatex, se puede apreciar la interconexión entre las 5 máquinas desde el condensador al evaporador; la misma que se encuentra en la parte superior del área.

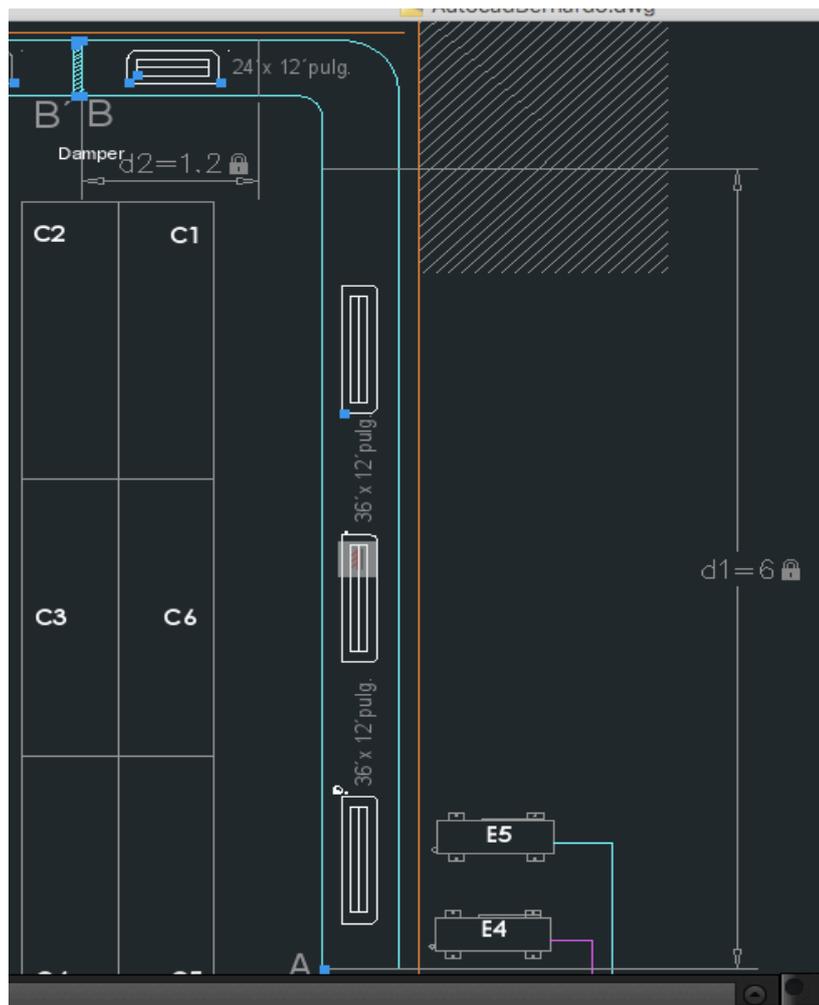
El diseño de ductería del sistema de climatización ha sido elaborado de acuerdo a requerimientos específicos por parte de la empresa, un ducto único (sistema en anillo) que garantice el flujo del aire constantemente hacia las salidas (difusores) , es decir que si se presenta algún desperfecto en alguna de las máquinas el flujo no cese por completo en el caso de que se instalen ductos individuales por cada equipo, cabe recalcar que las pérdidas por fugas de aire en los ductos se desestimarán debido a que el ducto es instalado en el interior, por este motivo cualquier fuga de aire que pueda encontrarse será aprovechada dentro del CCM. A continuación se describirá el diseño de los ductos:

- El brazo A-B está conformado por un ducto de 36x12 pulg. y un largo de 3.60 metros, un ducto de 36x12 pulg. y un largo de 2.40 m, en este tramo existirán tres salidas de aire de 8x40 pulg.

Seguido del mismo, se encuentra acoplado un codo reducido de 36x12 pulg. a 24x12 pulg. ésta reducción se debe a que previamente existen salidas de aire es decir hay una pérdida en la presión del aire y para contrarrestar dicha pérdida se reducen las dimensiones para ganar presión, luego un ducto de 24x12 pulg. con un largo de 1.20 m. Los difusores son instalados con dirección al suelo debido a que los variadores de frecuencia absorben aire desde la parte inferior del mismo por medio de rejillas, el aire extraído por los variadores de frecuencia es expulsado por la parte superior del mismo. El brazo A-B esta ubicado en la pared SUR y ESTE.

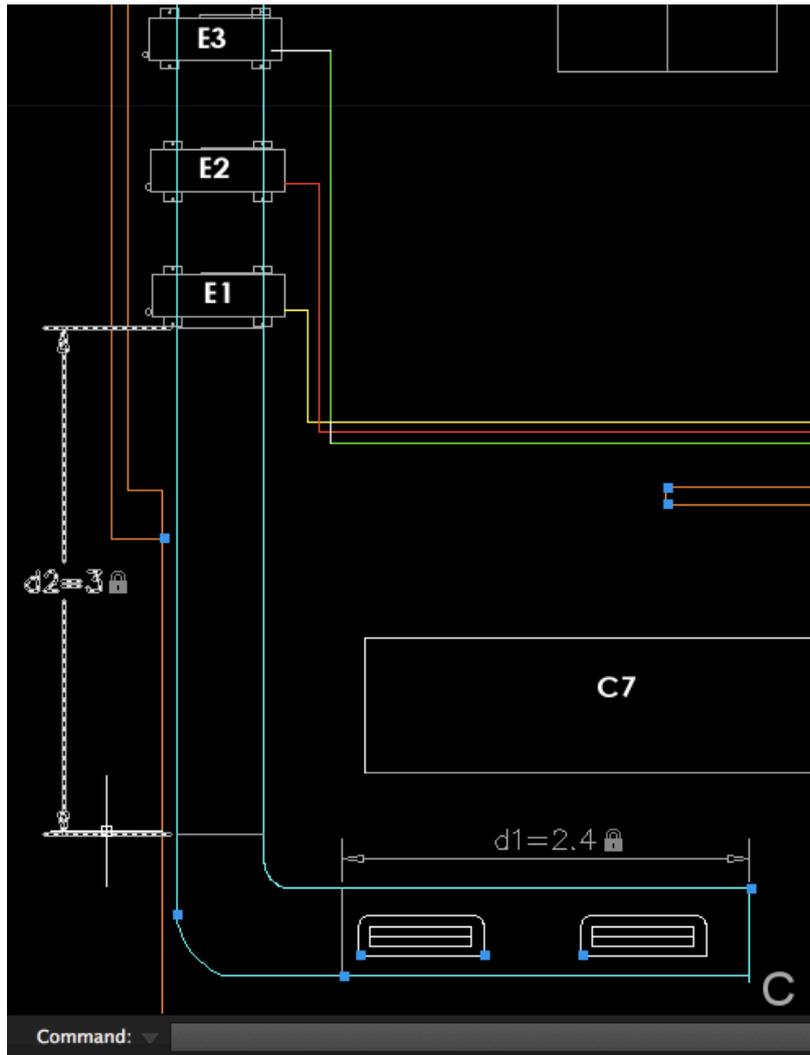
Nota: entre el brazo A-B y el brazo B'-C se instala un damper (plato amortiguador de aire) para restringir el paso del flujo hacia el resto del ducto; de esta manera garantizamos que el flujo únicamente se distribuya por el brazo A-B. En la siguiente figura se aprecia el plano de este brazo:

Figura 25: Perspectiva del área de CCM Centrifuga, Brazo A-B



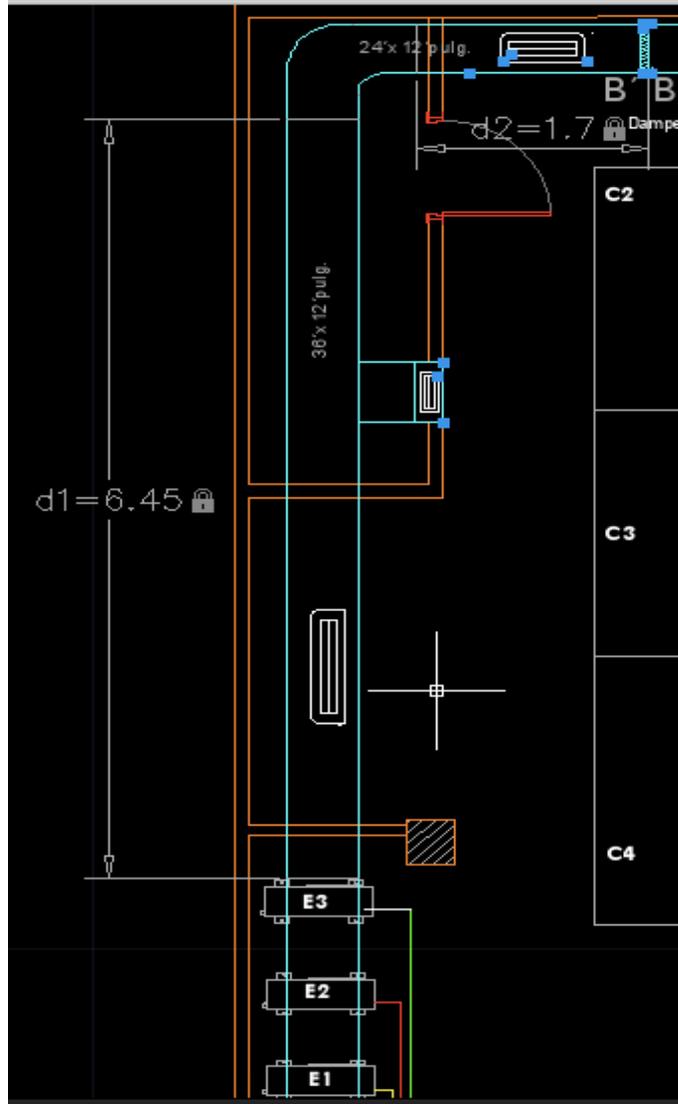
- El brazo B'- C, parte desde las boca-tomas de los 3 evaporadores Trane en dos direcciones, es decir en dirección de los dos lados del CCM. Para entenderlo mejor analizaremos un lado como sector de variadores #1,2,3,4,5,6, y el otro como sector variador #7 como se puede apreciar en el plano adjunto al principio de este capítulo. Desde el sector variador #7, el brazo está conformado por un ducto de 36x12" con 2.40 m. de largo, le sigue un codo que conecta la otra parte del ducto en dirección a las máquinas como se puede observar en la siguiente figura:

Figura 26: Perspectiva del área de CCM Centrifuga, Brazo B'- C



En el sector variador #1,2,3,4,5,6", el ducto sale de los boca-toma de los 3 evaporadores TRANE con una medida de 36x12 pulg por un largo de 6,45 m, tiene dos salidas una de 8x40 pulg y otra de 8x12, se acopla un codo reducido a 24x12 pulg que va unido a un ducto de 24x12 pulg con un largo de 1,7 m y contiene una salida de 8x24 pulg. A continuación se muestra la figura con los detalles descritos:

Figura 27: Salida del ducto, medición y codo



## **CAPÍTULO 9**

### **PRESUPUESTO**

#### **9.1 Generalidades**

El análisis económico del proyecto considerando el diseño de todo el sistema de climatización del área de CCM centrífuga de la Azucarera Valdez, el cual contará con 5 equipos centrales tipo split, conectados a una red de ductos aislados como se indicó anteriormente en los planos.

Las unidades utilizadas para este estudio son de la marca TRANE, cuya procedencia es mexicana con certificación y estándares americanos en cuanto a su eficiencia energética. Como se mencionó anteriormente éste sistema de ventilación será a través de ductos, para tener un sistema óptimo siempre debe existir un mando y un retorno o una extracción e inyección; para renovar el volumen de aire existente en el área o lugar que se desea climatizar.

Cumpliendo estos requerimiento el usuario que requiere el servicio puede retirar gases contaminanes y controlar la temperatura de esta área, es decir el calor generado por las maquinas, es este caso los variados de frecuencia. Para evaluar el costo final del proyecto, se ha dividido en dos partes su totalidad; el costo por mano de obra y el costo por materiales.

## **9.2 Costo del sistema de climatización**

Los costos del sistema de climatización para llevar a cabo el proyecto del área de centrifuga son aquellos valores monetarios de productos y servicios que deben ser analizados y entregados al usuario antes del emprendimiento del mismo.

### **9.2.1 Costos por materiales**

Los costos por materiales, son todos aquellos valores cuya base son las adquisiciones de toda la maquinaria, repuestos y sistemas que pueden palpase físicamente o aquellos que pueden ser apreciados por el usuario. Los costos de materiales utilizados para el proyecto se detallan en las siguientes tablas. Los valores que verán reflejados han sido cotizados por la empresa Cmeler C.A., empresa en la cual me desenvuelvo como técnico eléctrico en refrigeración, y la cual me permitió realizar el enlace con la Azucarera Valdez para llevar a cabo esta propuesta de mejoramiento como objeto de estudio.

La tabla 10 señala los costos de materiales en cuanto a los equipos que se requieren para la climatización del área.

La tabla 11 señala los costos de materiales en cuanto a la estructura del ducto y las rejillas necesarias de mando y retorno para la distribución de aire.

**Tabla 10:** Costo de materiales correspondientes a equipos e implementos necesarios para el montaje

Proyecto área de centrifuga de la Azucarera Valdez				
Maquinaria / equipos / interconexiones				
Cantidad	Costo de materiales	Unidad	Valor unitario	Valor total
5	Equipo Trane R-410/220V paquete 60.000 BTU	BTU	\$3.750,00	\$18.750,00
5	Bases soportes condensadoras	c/u	\$160,00	\$800,00
3	Tubería de cobre de 8" de 35 m	m	\$100,00	\$300,00
25	metros de cable Cu concéntrico inst. 3x16	m	\$0,98	\$24,50
150	metros de cable Cu concéntrico 3x14	m	\$1,15	\$172,50
20	metros de cable Cu concéntrico 3x10	m	\$1,20	\$24,00
140	metros de cable Cu concéntrico inst. 2X16	m	\$1,25	\$175,00
2	Tubería de cobre de 8" de 25 m	m	\$60,00	\$120,00
5	Termostatos digitales	c/u	\$75,00	\$375,00
			SUB-TOTAL	\$20.741,00
			DESCUENTO	\$0,00
			IVA 14 %	\$2.903,74
			TOTAL	\$23.644,74

Fuente: Cmeler C.A. – Elaborado por Bernardo Parreño Grijalva.

**Tabla 11:** Costo de materiales correspondiente a ductos y rejillas

PROYECTO ÁREA DE CENTRIFUGA DE LA AZUCARERA VALDEZ				
DUCTO / REJILLAS				
CANTIDAD	COSTO DE MATERIALES	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
550	Ducto aislado plancha galvanizada	kg	\$5,80	\$3.190,00
18	Rejilla de 20" x 8"	c/u	\$45,00	\$810,00
			SUB-TOTAL	\$4.000,00
			DESCUENTO	\$0,00
			IVA 14 %	\$560,00
			TOTAL	\$4.560,00

Fuente: Cmeler C.A. – Elaborado por Bernardo Parreño Grijalva

## 9.2.2 Costo por mano de obra

Los costos de mano de obra es valor monetarios que se le da a las personas que intervienen dentro de un proyecto, es decir en este caso las personas que intervienen en el montaje de los equipos, en la fabricación de los ductos, montaje de ducto y montaje de rejillas, la dirección técnica u otros que intervengan en el proceso.

A continuación en la tabla 12 se describen los costos de mano de obra del proyecto del área de Centrifuga de la Azucarera Valdez.

**Tabla 12:** Costo de mano de obra proyecto CCM Centrifuga

PROYECTO ÁREA DE CENTRIFUGA DE LA AZUCARERA VALDEZ				
MONTAJE DE EQUIPOS / DUCTO / DIRECCIÓN TÉCNICA				
CANTIDAD	COSTO DE MATERIALES	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
5	Desmontaje de equipos existentes , montaje de nuevos equipos, acople de maquinas a ducto, instalación de nuevo ducto, instalación de rejillas, programación de termostatos, prueba y funcionamiento.	kg	\$350,00	\$1.750,00
			SUB-TOTAL	\$1.750,00
			DESCUENTO	\$0,00
			IVA 14 %	\$245,00
			TOTAL	\$1.995,00

**Fuente:** Cmeler C.A. – Elaborado por Bernardo Parreño Grijalva

El costo total del proyecto del área de Centrifuga de la Azucarera Valdez tiene un valor de \$30.199,74.

### 9.3 Costo por mantenimiento de ducto

El mantenimiento de ducto o limpieza del mismo debería realizarse una vez por año, es importante tener en consideración un aproximado de cuanto costaría realizar la limpieza del mismo. Se va a calcular un valor aproximado, debido a que este proyecto no tiene como objeto el mantenimiento del ducto pero si la instalación del mismo; por tal motivo se indica en la tabla 13 el costo que tendría realizar una limpieza de ducto.

**Tabla 13:** Costo por mantenimiento de ducto

PROYECTO ÁREA DE CENTRIFUGA DE LA AZUCARERA VALDEZ				
COSTO POR MANTENIMIENTO DE DUCTO				
CANTIDAD	COSTO DE MATERIALES / MANO DE OBRA	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Lote de vinchas	c/u	\$70,00	\$70,00
1	Rollo de lana de vidrio (100 m)	c/u	\$155,00	\$155,00
1	Rollo de polylon (100 m)	c/u	\$195,00	\$195,00
1	Cinta de aluminio	c/u	\$11,00	\$11,00
1	Tubo de silicón	c/u	\$7,00	\$7,00
1	Lote de remaches, tornillos, pernos	c/u	\$60,00	\$60,00
1	Pintura	c/u	\$45,00	\$45,00
1	Costo Mano de obra: Desmontaje de ducto, limpieza interior de ducto, retiro de lana o polylon deteriorado, cambio de lana de vidrio o polylon, forro del ducto con lana de vidrio + cinta de aluminio, limpieza parte externa, pintura tramos oxidados.	c/u	\$1.300,00	\$1.300,00
			SUB-TOTAL	\$1.843,00
			DESCUENTO	\$0,00
			IVA 14 %	\$258,02
			TOTAL	\$2.101,02

Fuente: Cmeler C.A. – Elaborado por Bernardo Parreño Grijalva

## CAPÍTULO 10

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 10.1 Conclusiones

El proyecto de diseño y cálculo de un sistema de acondicionamiento de aire industrial con unidades tipo split ducto para áreas críticas de la Azucarera Valdez, se puede concluir de la siguiente manera:

- Los equipos de climatización recomendados para éste proyecto, son equipos que cumplen estándares de calidad de eficiencia energética con márgenes internacionales, lo cual es primordial al momento de implementar una unidad de climatización en un área de producción. Los equipos Trane, son unidades ensambladas en México con márgenes americanos, debido a que su franquicia proviene de EEUU. México ya es una potencia mundial capaz de producir estos equipos con estándares iguales a los americanos.
- Para la selección de los equipos es vital tener en consideración los requerimientos del usuario para poder realizar el diseño, para así llegar a un acuerdo en cuanto a la solicitud y en lo que respecta a las necesidades que el sistema de climatización debe cumplir.
- Se diseñó un sistema de climatización para el área de Centrifuga de la Azucarera Valdez con una totalidad de 5 equipos centrales tipo split, con un mismo ducto de mando, con diferentes retornos, las máquinas #5 y #6 poseen cada una su propio retorno, por encontrarse fuera del área que se desea climatizar, a diferencia de las máquinas #1, #2 y #3 que no necesitan retorno debido a que estas unidades dentro del diseño se encuentran dentro del área.

- El diseño del área ha sido desarrollado en el programa de Autodesk, esquematizados en una visión 2D.
- Es necesario conocer valores exactos, en cuanto al área que se desea climatizar, su superficie y volumen; para contar con un sistema eficaz. De no ser así, se puede tener un sistema deficiente de climatización; por eso recomendable redimensionar la capacidad que se necesita o tener un equipo emergente para cuando uno de los equipos entre en mantenimiento o en avería. Esta consideración es de vital importancia porque un error puede causar pérdidas en cuanto a lo económico en la industria.

## **10.2 Recomendaciones**

Las recomendación del proyecto de diseño y cálculo de un sistema de acondicionamiento de aire industrial con unidades tipo split ducto y paquete ducto para áreas críticas de la Azucarera Valdez tiene como fin recomendar a los usuarios que consideren éste estudio, los siguiente puntos:

- Para llevar un control de temperatura, es recomendable instalar termostatos en las áreas, ya sean estos digitales o analógicos; tomando en consideración que los digitales sino se tienen en cuenta podrían apagarse o no tener un correcto funcionamiento si no se prevee con anterioridad su cambio de pilas.
- Se recomienda asegurarse que la ubicación de los equipos sea la correcta, este punto es importante porque los equipos para uso industrial son de gran magnitud y en algunos casos las áreas no son lo suficientemente amplias para

que estos puedan permanecer dentro, ocasionando como en el caso de este proyecto tener que realizar dos ductos de retornos para las maquinas #4 y #5, debido a que estas por su dimensionamiento deben ser instaladas en la parte exterior del área.

- Se recomienda a los usuarios que desean implementar un sistema de climatización, buscar empresas que tengan una trayectoria dentro del campo; para evitar problemas en el futuro en cuanto a malos dimensionamientos de equipos o equipos que no se deberían aplicar a las necesidades de la industria.

## REFERENCIAS

Humberto, R. A. (2009). *Cálculo y selección del equipo de un sistema de aire acondicionado para un teatro en puerto Vallarta - Jalisco*. Retrieved 30 de junio de 2016 from [http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-12-27\\_08-25-25112822.pdf](http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-12-27_08-25-25112822.pdf)

Azucarera Valdez. (n.d.). *Azucarera Valdez*. (Nobis, producer) retrieved 2 de agosto de 2016 from <http://www.azucareravaldez.com/qsomos.html>

Carrier. (2015). *Sistema chiller*. Retrieved 10 de julio de 2016 from <http://www.carrierrentalsystems.co.uk/chiller-hire/crs-1202-chiller/>

Electro industria. (septiembre de 2015). *Asegurando la temperatura óptima para sus equipos*. Retrieved 06 de agosto de 2016 from <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2618&xit=climatizacion-para-envolventes-electricos-asegurando-la-temperatura-optima-para-sus-equipos>

Pita, e. G. (2009). *Acondicionamiento de aire, principios y sistemas* (vol. 6). Cecsa.

Miranda, a. L. (2016). *Técnicas de climatización*. (m. S.a., ed.)

Vélez Sisalima, I. S., & Muñoz Morocho, E. H. (julio de 2015). *Diseño de sistemas mecánicos de climatización y cámaras frías para zonas críticas en hospitales y clínicas*. Retrieved 5 de julio de 2016 from <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10232/1/ups-ct005381.pdf>

Márquez, J. J. (septiembre de 2006). *Diseño y especificación de un centro de control de motores para sistema de extractores*. Retrieved 14 de julio de 2016 from <http://159.90.80.55/tesis/000133460.pdf>

Martín, T., & Serrano, A. (2008). *Termodinámica*. (u. P. Madrid, producer) retrieved 05 de mayo de 2016 from <http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/termo1p/calor.html>

Tu aire acondicionado web. (2015). *Calor sensible y latente*. Retrieved 10 de junio de 2016 from <http://www.tuaireracondicionadoweb.com/calor-sensible-y-calor-latente/>

Buenaño Sanchez, L. E., & Esparza Montero, M. R. (2010). *Diseño y construcción de un sistema de refrigeración de conservación para laboratorio*. Retrieved 18 de junio de 2016 from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/394/1/15t00445.pdf>

Ramírez Espinoza, I. (22 de mayo de 2013). *Proyecto de un sistema de acondicionamiento de aire para un quirófano perteneciente a un hospital localizado en la ciudad de Toluca - Estado de México*. Retrieved 15 de junio de 2016 from <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/12059/1/tesis%20%20aire%20acondicionado.pdf>

Quiminet. (6 de julio de 2012). *Lo que debes saber de los centros de control de motores*. Retrieved 12 de julio de 2016 from <http://www.quiminet.com/articulos/lo-que-debe-saber-de-los-centros-de-control-de-motores-2808170.htm>

López, M. A. (4 de mayo de 2011). *Centro de control motores*. Retrieved 13 de julio de 2016 from scribd: <https://es.scribd.com/doc/54563671/centros-de-control-de-motores-final>

Revista mundo HVACR. (2014). *Climatización de procesos críticos*. Retrieved 14 de julio de 2016 from <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2014/11/climatizacion-de-procesos-criticos/>

One touch - electro industria. (septiembre de 2015). *Climatización para envolventes eléctricas*. Retrieved 4 de julio de 2016 from <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2618&xit=climatizacion-para-envolventes-electricos-asegurando-la-temperatura-optima-para-sus-equipos>

Colocho López, N., Guzmán Álvarez, P., & Daza Jiménez, p. (08 de agosto de 2011). *Manual básico de sistemas de aire acondicionado y extracción mecánica de uso común en arquitectura*. Retrieved 29 de julio de 2016 from <http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/biblioteca%20virtual/tesis/06/arq/adtescm0001340.pdf>

Galindo Ochoa, D. (octubre de 2008). *Instalación de equipos de refrigeración industrial*. Retrieved 29 de julio de 2016 from [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0152\\_me.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0152_me.pdf)

Galindo, D. E. (octubre de 2008). *Instalación de equipos de refrigeración industrial*. Retrieved 29 de julio de 2016 from [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0152\\_me.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0152_me.pdf)

## **GLOSARIO**

UMA : Unidades Manejadoras de Aire

TR: Toneladas de Refrigeración

VE: Válvula de expansión

CCM: Cuarto Control de Motores

ASHRAE: International technical society organized to advance the arts and sciences of heating, ventilation, air-conditioning and refrigeration.

SAA: Sistema de Acondicionamiento de Aire

FGCS: Factor de ganancia máxima de calor solar

POE: Aceite Polyol Ester

Damper: plato amortiguador de aire

## ANEXOS

Anexo 1: Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento (DTCE) para calcular cargas debidas a techos planos, 1°F

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

Anexo 2 : Descripción de grupos de construcción de paredes

Grupo No.	Descripción de la construcción	Peso, lb/ft <sup>2</sup>	Valor de U, BTU/(h-ft <sup>2</sup> -F)	Capacidad calorífica, BTU/(ft <sup>2</sup> -F)
<b>Ladrillo de vista de 4 in + (Ladrillo)</b>				
	C Espacio de aire + ladrillo de vista de 3 in	83	0.358	18.3
	D Ladrillo común de 4 in.	90	0.415	18.4
	C Aislamiento de 1 in o espacio de aire + ladrillo común de 4 in	90	0.174-0.301	18.4
	B Aislamiento de 2 in + ladrillo común de 4 in	88	0.111	18.5
	B Ladrillo común de 8 in	130	0.302	26.4
	A Aislamiento o espacio de aire + ladrillo común de 8 in	130	0.154-0.243	26.4
<b>Ladrillo de vista de 4 in + (Concreto pesado)</b>				
	C Espacio de aire + concreto de 2 in	94	0.350	19.7
	B Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	97	0.116	19.8
	A Espacio de aire o aislamiento + concreto de 8 in o más	143-190	0.110-0.112	29.1-38.4
<b>Ladrillo de vista de 4 in + (bloque de concreto ligero o pesado)</b>				
	E Bloque de 4 in	62	0.319	12.9
	D Espacio de aire o aislamiento + bloque de 4 in	62	0.153-0.246	12.9
	D Bloque de 8 in	70	0.274	15.1
	C Espacio de aire o aislamiento de 1 in + bloque de 6 u 8 in	73-89	0.221-0.275	15.5-18.5
	B Aislamiento de 2 in + bloque de 8 in	89	0.096-0.107	15.5-18.6
<b>Ladrillo de vista de 4 in + (azulejo de barro)</b>				
	D Azulejo de 4 in	71	0.381	15.1
	D Espacio de aire + azulejo de 4 in	71	0.281	15.1
	C Aislamiento + azulejo de 4 in	71	0.169	15.1
	C Azulejo de 8 in	96	0.275	19.7
	B Espacio de aire o aislamiento de 1 in + azulejo de 8 in	96	0.142-0.221	19.7
	A Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	97	0.097	19.8
<b>Pared de concreto pesado + (acabado)</b>				
	E Concreto de 4 in	63	0.585	12.5
	D Concreto de 4 in + aislamiento de 1 o 2 in	63	0.119-0.200	12.5
	C Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	63	0.119	12.7
	C Concreto de 8 in	109	0.490	21.9
	B concreto de 8 in + aislamiento de 1 o 2 in	110	0.115-0.187	22.0
	A Aislamiento de 2 in + concreto de 8 in	110	0.115	21.9
	E Concreto de 12 in	156	0.421	31.2
	A Concreto de 12 in + aislamiento	156	0.113	31.3
<b>Bloque de concreto ligero y pesado + (acabado)</b>				
	F Bloque de 4 in + espacio de aire o aislamiento	29-36	0.161-0.263	5.7-7.2
	E Aislamiento de 2 in + bloque de 4 in	29-37	0.105-0.114	5.8-7.3
	E Bloque de 8 in	41-57	0.294-0.402	6.3-11.3
	D Concreto de 8 in + espacio de aire o aislamiento	41-57	0.149-0.173	8.3-11.3
<b>Azulejo de barro + (acabado)</b>				
	F Azulejo de 4 in	39	0.419	7.8
	F Azulejo de 4 in + espacio de aire	39	0.303	7.8
	E Azulejo de 4 in + aislamiento de 1 in	39	0.175	7.9
	D Aislamiento de 2 in + azulejo de 4 in	40	0.110	7.9
	D Azulejo de 8 in	63	0.296	12.5
	C Azulejo de 8 in + espacio de aire o aislamiento de 1 in	63	0.151-0.231	12.6
	B Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	63	0.099	12.6
<b>Pared de lámina (cortina metálica)</b>				
	G Con o sin espacio de aire + 1, 2 o 3 in de aislamiento	5-6	0.091-0.230	0.7
<b>Pared de bastidor</b>				
	G Aislamiento de 1 a 3 in	16	0.081-0.178	3.2

Reproducido con permiso de 1985 Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory

Anexo 3: Diferencias de temperatura para carga de enfriamiento (DTCE) para el cálculo de carga de paredes al sol, 1°F.

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

Anexo 4: Corrección de la DTCE por latitud y mes, para aplicar a paredes y techos, latitudes norte, °F

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

Anexo 5: Radiación solar a través de vidrio, factores de ganancia máxima de calor solar para vidrio BTU/H -  $ft^2$ , latitudes norte.

0 Grados										
	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303
Abr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265
Jun.	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255
Jul.	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260
Agos.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276
Sept.	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293
Dic.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288



**Presidencia  
de la República  
del Ecuador**



**Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes**



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Parreño Grijalva, Bernardo Joel** con C.C: # **0929810562** autor del trabajo de titulación: **Diseño y cálculo de un sistema industrial de climatización con unidades de paquete y split ducto para la Azucarera Valdez S.A. de la ciudad de Milagro**, previo a la obtención del título de **INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 16 de septiembre del 2016

f. \_\_\_\_\_  
Nombre: Parreño Grijalva, Bernardo Joel  
C.C: 0929810562



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Diseño y cálculo de un sistema industrial de climatización con unidades de paquete y split ducto para la Azucarera Valdez S.A. de la ciudad de Milagro.		
<b>AUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Parreño Grijalva, Bernardo Joél		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Ing. Vallejo Samaniego Luis, M. Sc.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Eléctrico Mecánica		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Eléctrico Mecánica		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	16 de Septiembre de 2016	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	137
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Sistemas de acondicionamiento de aire, industrias azucareras, cuartos de control		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	CLIMATIZACIÓN, SPLIT, CENTRAL, TUBERÍA, ESTADO LÍQUIDO, SISTEMA EFICAZ		
<b>RESUMEN/ABSTRACT</b> (150-250 palabras): El acondicionamiento de aire esencialmente está basado en tres principios termodinámicos: el calor se transmite de la temperatura más alta hacia la más baja, el cambio de estado de líquido a gas absorbe calor, la presión y la temperatura están directamente relacionadas. El objetivo de este proyecto es desarrollar un modelo óptimo para el cálculo de un sistema de climatización. En este proyecto pueden encontrar las bases suficientes para poder realizar el diseño y cálculo de un sistema de climatización aplicado a áreas de producción en la industria. La intención de este proyecto es proporcionar una orientación e información vital para la práctica del dimensionamiento de los equipos que se necesitan para climatizar un lugar. Es necesario conocer valores exactos, en cuanto al área que se desea climatizar, su superficie y volumen; para contar con un sistema eficaz. De no ser así, se puede tener un sistema deficiente de climatización; por eso es recomendable redimensionar la capacidad que se necesita o tener un equipo emergente para cuando uno de los equipos entre en mantenimiento o en avería. Esta consideración es de vital importancia porque un error puede causar pérdidas en cuanto a lo económico en la industria. Los equipos de climatización recomendados para éste proyecto, son unidades Trane, ensambladas en México con márgenes americanos debido a que su franquicia proviene de EEUU. México ya es una potencia mundial capaz de producir estos equipos con estándares iguales a los americanos.			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> 0992216972	<b>E-mail:</b> bp5_parreno@outlook.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre:</b> Philco Asqui, Luis Orlando		
	<b>Teléfono:</b> 0980960875		
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:luis.philco@cu.ucsg.edu.ec">luis.philco@cu.ucsg.edu.ec</a>		

<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>	
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>	
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>	