



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

**DISEÑO E INSTALACIÓN DE BODEGA REFRIGERADA MODELO  
PARA EL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS CÁRNICOS, EN LA EMPRESA  
MANTENIMIENTO DE REFRIGERACIÓN S.A.**

**Josué Alberto Girón Magaña**

Asesorado por el Ing. Luis Pedro Ortiz de León

Guatemala, marzo de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO E INSTALACIÓN DE BODEGA REFRIGERADA MODELO  
PARA EL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS CÁRNICOS, EN LA EMPRESA  
MANTENIMIENTO DE REFRIGERACIÓN S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOSUÉ ALBERTO GIRÓN MAGAÑA**  
ASESORADO POR EL ING. LUIS PEDRO ORTIZ DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MARZO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Alberto Eulalio Hernández García
EXAMINADORA	Inga. Yocasta Ivanobla Ortíz del Cid
EXAMINADORA	Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO E INSTALACIÓN DE BODEGA REFRIGERADA MODELO  
PARA EL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS CÁRNICOS, EN LA EMPRESA  
MANTENIMIENTO DE REFRIGERACIÓN S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 25 enero de 2018.



**Josué Alberto Girón Magaña**

Guatemala, 3 de septiembre de 2018

Ing. Juan José Peralta Dardón  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

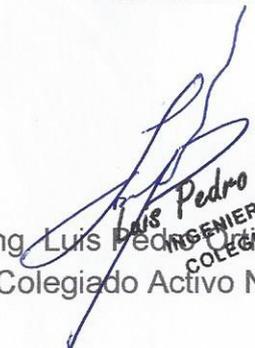
Respetable Ingeniero Peralta Dardón

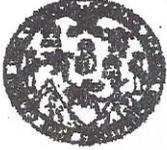
Por medio de la presente informo a usted, que como asesor del Trabajo de Graduación del estudiante universitario **Josué Alberto Girón Magaña**, quien se identifica con el carné universitario **No. 2006-14746**, DPI No. **2286 07973 0101**, procedí a revisar la tesis de cinco capítulos, cuyo título es: **“DISEÑO E INSTALACIÓN DE BODEGA REFRIGERADA MODELO PARA EL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS CÁRNICOS, EN LA EMPRESA MANTENIMIENTO DE REFRIGERACIÓN S.A.”**. La cual encuentro satisfactoria.

En tal virtud, **LA DOY POR APROBADA**, solicitándole darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, es grato suscribirme de usted.

Atentamente,

  
Ing. Luis Pedro Ortiz de León  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO No. 10810  
Colegiado Activo No. 10810



REF.DIR.EMI.047.019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO E INSTALACIÓN DE BODEGA REFRIGERADA MODELO PARA EL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS CÁRNICOS, EN LA EMPRESA MANTENIMIENTO DE REFRIGERACIÓN S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Josué Alberto Girón Magaña**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas  
DIRECTOR a.i.  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2019.

/mgp



REF.REV.EMI.007.019

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO E INSTALACIÓN DE BODEGA REFRIGERADA MODELO PARA EL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS CÁRNICOS, EN LA EMPRESA MANTENIMIENTO DE REFRIGERACIÓN S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Josué Alberto Girón Magaña**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Brenda Izabel Miranda Consuegra  
Ingeniera Industrial  
Colegiado. 13675

Inga. Brenda Izabel Miranda Consuegra  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

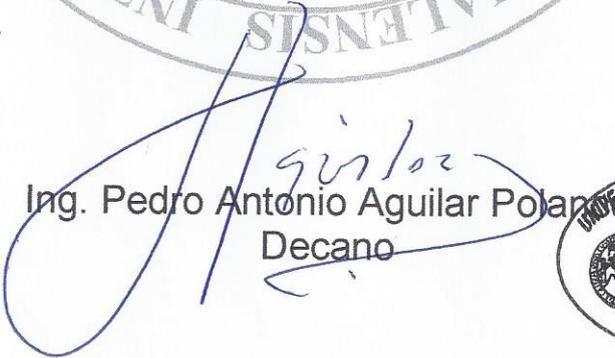
Guatemala, enero de 2019.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial del trabajo de graduación titulado: **“DISEÑO E INSTALACIÓN DE BODEGA REFRIGERADA MODELO PARA EL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS CÁRNICOS, EN LA EMPRESA MANTENIMIENTO DE REFRIGERACIÓN S.A.”** presentado por el estudiante universitario: **Josué Alberto Girón Magaña** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, Marzo de 2019

/echm

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- |                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Dios</b>         | Por ser parte esencial en mi vida y por bendecirme con este logro.                              |
| <b>Mis padres</b>   | Marco Girón y Angélica de Girón, por su ejemplo y formación como persona.                       |
| <b>Mis hermanos</b> | Mónica, América y Juan Girón, por su apoyo incondicional.                                       |
| <b>Mis sobrinos</b> | Carlos Juárez, Sofía Girón, María André Girón y Marco Girón, por ser una motivación en mi vida. |

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San Carlos de Guatemala** Por ser la mejor casa de estudios y permitirme alcanzar este logro.

**Facultad de Ingeniería** Por formarme como profesional y por todo el aprendizaje que me otorgó.

**Mis amigos de la Facultad** Christian Dávila, Carlos Flores y Alejandro Siliezar.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES .....	1
1.1. Empresa Mantenimiento de Refrigeración S.A.....	1
1.1.1. Historia .....	2
1.1.2. Ubicación.....	3
1.1.3. Misión .....	3
1.1.4. Visión.....	4
1.1.5. Valores .....	4
1.2. Sistemas de refrigeración.....	6
1.2.1. Elementos de un sistema de refrigeración.....	6
1.2.2. Tipos de refrigeración .....	7
1.2.3. Características del sistema de refrigeración.....	8
1.2.3.1. Características técnicas.....	8
1.2.3.2. Características termodinámicas.....	9
1.3. Bodegas refrigeradas .....	10
1.3.1. Almacenamiento en frío .....	11
1.3.2. Tiempo de refrigeración.....	12
1.3.3. Tiempo de congelación.....	13
1.3.4. Curva de congelación .....	14

1.4.	Productos cárnicos.....	16
1.4.1.	Clasificación .....	17
1.4.2.	Producción .....	17
1.4.3.	Empaque.....	17
1.4.3.1.	Técnicas de conservación .....	18
1.4.3.2.	Películas plásticas para empaque de carne .....	18
1.4.3.3.	Gases para el empaque de carne .....	19
1.5.	Almacenamiento .....	20
1.5.1.	Tipos de almacenaje .....	21
1.5.1.1.	Almacenaje de materias primas .....	21
1.5.1.2.	Almacenaje de productos en proceso ..	22
1.5.1.3.	Almacenaje de producto de maduración.....	23
1.5.1.4.	Almacenaje de producto terminado .....	23
1.5.2.	Equipo para el almacenamiento .....	24
1.5.3.	Buenas prácticas de almacenamiento.....	25
1.5.3.1.	Recurso humano .....	25
1.5.3.2.	Infraestructura .....	27
1.5.3.3.	Documentación de actividades de almacenamiento .....	27
1.5.3.4.	Materiales, envases y etiquetas .....	28
1.6.	Mantenimiento.....	28
1.6.1.	Preventivo .....	29
1.6.2.	Predictivo.....	30
1.6.3.	Correctivo .....	31
2.	SITUACIÓN ACTUAL .....	33
2.1.	Departamento de proyectos .....	33

2.2.	Distribución de áreas.....	34
2.2.1.	Área de diseño de equipos .....	34
2.2.2.	Área de mantenimiento general.....	35
2.2.3.	Área de instalación .....	36
2.3.	Distribución del recurso humano .....	37
2.3.1.	Personal de diseño .....	38
2.3.2.	Personal de instalación.....	39
2.3.3.	Personal de mantenimiento .....	40
2.4.	Interrelación de áreas.....	41
2.4.1.	Gerencia .....	42
2.4.2.	Departamento comercial.....	42
2.4.2.1.	Área de compras .....	43
2.4.2.2.	Área de ventas.....	44
2.5.	Análisis de la gestión comercial.....	45
2.5.1.	Productos.....	45
2.5.1.1.	Aire acondicionado .....	46
2.5.1.2.	<i>Chiller</i> .....	47
2.5.1.3.	Cuartos fríos .....	48
2.5.2.	Servicios actuales.....	49
2.5.2.1.	Diseño .....	49
2.5.2.2.	Instalación.....	50
2.5.2.3.	Mantenimiento .....	50
2.6.	Análisis de la gestión de proyectos .....	51
2.6.1.	Planificación.....	51
2.6.2.	Organización.....	52
2.6.3.	Coordinación.....	52
2.6.4.	Dirección.....	53
2.6.5.	Control .....	54
2.7.	Análisis operativo del Departamento de Proyectos .....	56

2.7.1.	Descripción de funciones .....	57
2.7.2.	Proceso de diseño.....	57
2.7.3.	Proceso de instalación .....	58
2.7.4.	Proceso de mantenimiento.....	59
2.7.5.	Asignación de recursos .....	60
2.8.	Diagnóstico general.....	61
2.8.1.	Necesidades de diseño .....	61
2.8.2.	Necesidades de instalación.....	61
2.8.3.	Necesidades de control.....	62
3.	PROPUESTA PARA DISEÑAR E INSTALAR UNA BODEGA REFRIGERADA .....	63
3.1.	Diseño de bodega refrigerada.....	63
3.1.1.	Función del diseño .....	64
3.1.2.	Elementos del diseño .....	65
3.2.	Especificaciones técnicas .....	66
3.2.1.	Principios de refrigeración .....	67
3.2.2.	Capacidad de almacenamiento .....	68
3.2.3.	Capacidad de enfriamiento.....	69
3.3.	Diseño estructural .....	70
3.3.1.	Dimensionamiento.....	71
3.3.2.	Instalaciones base.....	72
3.3.2.1.	Cimientos .....	73
3.3.2.2.	Zapatas .....	74
3.3.2.3.	Soleras .....	75
3.3.3.	Levantamiento de paredes .....	75
3.3.4.	Instalación de techo .....	76
3.4.	Aislamiento.....	77
3.4.1.	Tipos de aislamiento .....	78

3.4.2.	Aislamiento seleccionado .....	79
3.5.	Equipamiento.....	80
3.5.1.	Equipos de refrigeración .....	80
3.5.1.1.	Compresores .....	81
3.5.1.2.	Condensadores .....	83
3.5.1.3.	Evaporadores .....	84
3.5.1.4.	Válvula de expansión.....	86
3.6.	Sistema eléctrico .....	87
3.6.1.	Acometida eléctrica .....	88
3.6.1.1.	Consumo .....	88
3.6.1.2.	Gestión .....	89
3.7.	Ingeniería de materiales .....	89
3.7.1.	Selección de materiales para obra civil .....	89
3.7.2.	Selección de materiales de plomería.....	90
3.7.3.	Selección de materiales eléctricos.....	91
3.7.4.	Selección de materiales de aislamiento.....	91
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	93
4.1.	Distribución de actividades.....	94
4.1.1.	Cronograma operativo .....	96
4.2.	Recursos de instalación.....	98
4.2.1.	Recursos humanos.....	98
4.2.2.	Recursos materiales.....	99
4.3.	Desarrollo de obra civil .....	100
4.3.1.	Cimientos.....	101
4.3.2.	Zapatatas.....	103
4.3.3.	Soleras .....	103
4.3.4.	Paredes impermeabilizadas.....	104
4.3.5.	Techo impermeabilizado.....	105

4.4.	Instalación del sistema de refrigeración .....	107
4.4.1.	Paneles .....	107
4.4.2.	Sistema de compresión .....	108
4.4.3.	Sistema de condensación .....	109
4.4.4.	Sistema de evaporación .....	110
4.4.5.	Sistema eléctrico .....	112
4.4.6.	Sistema de aislamiento .....	113
4.5.	Medidas de seguridad .....	114
4.5.1.	Equipo de protección individual.....	115
4.6.	Normas de instalación.....	116
4.6.1.	Normas para el recurso humano en obra civil .....	117
4.6.2.	Normas para el recurso humano en sistemas de refrigeración .....	118
4.7.	Bodega refrigerada.....	119
4.7.1.	Características técnicas .....	120
4.7.2.	Capacidad de refrigeración .....	120
4.8.	Evaluación de costos .....	120
4.8.1.	Costo de obra civil.....	121
4.8.2.	Costo del sistema de refrigeración .....	123
4.8.3.	Costo de mano de obra .....	124
5.	MEJORA CONTINUA .....	125
5.1.	Capacitación .....	125
5.1.1.	Personal operativo .....	126
5.1.2.	Personal de mantenimiento.....	128
5.2.	Parámetros de control.....	131
5.2.1.	Condiciones de las instalaciones físicas .....	131
5.2.1.1.	Sistema básico .....	132
5.2.1.2.	Aberturas.....	133

5.2.2.	Condiciones operativas .....	133
5.2.2.1.	Temperatura .....	134
5.2.2.2.	Presión .....	134
5.2.2.3.	Consumo eléctrico .....	135
5.3.	Prueba inicial operativa .....	135
5.3.1.	Período de prueba .....	135
5.3.2.	Funcionalidad .....	138
5.3.2.1.	Temperatura .....	138
5.3.2.2.	Presión .....	139
5.3.2.3.	Consumo eléctrico .....	139
5.4.	Inspecciones.....	139
5.4.1.	Condiciones físicas.....	140
5.4.2.	Condiciones operativas .....	142
5.5.	Mantenimiento .....	143
5.5.1.	Detección de fallas .....	143
5.5.2.	Mantenimiento preventivo.....	144
5.5.3.	Mantenimiento correctivo.....	145
CONCLUSIONES .....		147
RECOMENDACIONES .....		149
BIBLIOGRAFÍA.....		151
APÉNDICES .....		153
ANEXOS.....		155



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Misión de la empresa .....	3
2.	Visión de la empresa.....	4
3.	Valores de la empresa .....	5
4.	Curva de congelación de una solución.....	14
5.	Organigrama del Departamento de Proyectos .....	37
6.	Organigrama general de la empresa.....	41
7.	Instalación de aire acondicionado .....	46
8.	<i>Chiller</i> ... ..	47
9.	Instalación de cuartos fríos .....	48
10.	Comparación de cumplimiento de parámetros.....	56
11.	Área disponible para la bodega refrigerada .....	71
12.	Dimensiones de las instalaciones base.....	72
13.	Esquema del sistema de refrigeración .....	81
14.	Compresor para bodega refrigerada .....	82
15.	Condensador para bodega refrigerada .....	84
16.	Evaporador para bodega refrigerada .....	85
17.	Válvula de expansión para bodega refrigerada.....	86
18.	Diagrama de flujo del proceso de instalación de la bodega refrigerada.....	97
19.	Plano de distribución .....	102
20.	Distribución de paneles de pared frontal.....	105
21.	Distribución de paneles para techo .....	106
22.	Instalación de paneles.....	108

23.	Compresor y condensador.....	110
24.	Instalación del evaporador.....	111
25.	Instalación de angulares.....	113
26.	Cronograma del período de prueba.....	136

## TABLAS

I.	Cumplimiento porcentual de parámetros.....	55
II.	Características de productos cárnicos.....	70
III.	Cronograma operativo.....	96
IV.	Costos indirectos de fabricación.....	121
V.	Costo de obra civil.....	122
VI.	Costo del sistema de refrigeración.....	123
VII.	Costo de mano de obra.....	124
VIII.	Hoja informativa de operación.....	127
IX.	Hoja informativa de limpieza.....	129
X.	Hoja informativa de mantenimiento.....	130
XI.	Formulario de inspección/condiciones físicas.....	141

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
cm	Centímetro
°C	Grados centígrados
m	Metro
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
mm	Milímetro
%	Porcentaje



## GLOSARIO

<b>Aislamiento térmico</b>	Capacidad de los materiales para oponerse al paso de calor por conducción.
<b>Emulsionado</b>	Dispersión de un líquido en otro no miscible con él.
<b>Embalar</b>	Acción de envolver o empaquetar un objeto para transportarlo con mayor seguridad.
<b>Estibar</b>	Proceso de distribuir de manera adecuada una carga.
<b><i>Film</i></b>	Material utilizado para el empaque de todo tipo de productos.
<b>Parámetro</b>	Elemento o dato importante que se toma de referencia para examinar un tema, cuestión o asunto de relevancia para determinado fin.
<b>Refrigerante</b>	Producto químico que por sus propiedades termodinámicas se utiliza dentro de un sistema de refrigeración para la absorción de calor.



## RESUMEN

La empresa Mantenimiento de Refrigeración S.A., considera necesario crear un modelo para el diseño y la instalación de bodegas refrigeradas específicas para el almacenamiento de productos cárnicos. Dicho modelo busca dar a conocer los aspectos técnicos y operativos de las bodegas refrigeradas que la empresa puede instalar, con la capacidad de satisfacer las necesidades de almacenamiento para la industria de productos cárnicos en Guatemala.

El modelo toma en cuenta aspectos de diseño, las especificaciones técnicas en cuanto a la capacidad de almacenamiento y enfriamiento, el diseño estructural que le da solidez a la bodega refrigerada, el equipamiento que permite alcanzar la capacidad deseada, el sistema eléctrico que se requiere y estudia la ingeniería de materiales conveniente para la instalación de este tipo de bodegas refrigeradas.

Al analizar el diseño propuesto, las empresas que producen o comercializan productos cárnicos pueden explorar la posibilidad de integrar este tipo de bodegas a sus procesos, conocer los beneficios que ofrece e incluso tomarlos como base para realizar sus propios diseños. Mientras que para la empresa este diseño representa un incremento en la probabilidad de atraer clientes potenciales para hacer crecer su cartera de clientes e incursionar en el sector de la industria cárnica.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar e instalar una bodega refrigerada como modelo para el almacenamiento de productos cárnicos, en la empresa Mantenimiento de Refrigeración S.A.

### **Específicos**

1. Estudiar las condiciones de almacenamiento adecuadas para los productos cárnicos de mayor producción y comercialización en Guatemala.
2. Definir los aspectos técnicos a considerar en la elaboración del diseño de una bodega refrigerada para productos cárnicos.
3. Estandarizar el proceso de instalación de la bodega refrigerada diseñada para productos cárnicos, lo cual permita disminuir el margen de error en la instalación de este equipo.
4. Dar a conocer las características más importantes que posee el modelo propuesto que puedan ser de interés para las empresas de la industria de productos cárnicos en el país.

5. Identificar los costos asociados al diseño y la instalación de la bodega refrigerada, lo cual permita estimar el total de inversión que se necesita para adquirir este equipo
6. Establecer los parámetros de control operativo para preservar la vida útil de la bodega refrigerada diseñada.
7. Definir las actividades de mantenimiento necesarias para un funcionamiento óptimo del modelo de bodega refrigerada propuesto.

## INTRODUCCIÓN

La empresa Mantenimiento de Refrigeración S.A. es una empresa de servicios técnicos con más de 30 años de experiencia en suministro, montaje y mantenimiento de aires acondicionados, *chillers* y cuartos fríos de congelación y conservación.

El proceso productivo en la industria de productos cárnicos integra diferentes actividades en las cuales se deben tomar en cuenta las medidas de inocuidad necesarias para no comprometer la sanidad y seguridad de dichos productos, conservar sus propiedades y garantizar su calidad. La temperatura es una de las condiciones ambientales que favorece la conservación de estos productos.

Las bodegas refrigeradas para el almacenamiento de productos cárnicos son indispensables para preservar la carne de agentes químicos biológicos que puedan alterar su composición. Al diseñar e instalar una bodega de este tipo es necesario el estudio de las necesidades de cada empresa en cuanto al tipo de producto a almacenar y la capacidad de almacenamiento que se requiere. Esta información permite establecer las dimensiones físicas de la bodega, el tipo de estructuras de almacenamiento, el material a utilizar para superficies, el tipo de instalaciones eléctricas y el rango de temperaturas que debe poseer, entre otros aspectos técnicos.

Todos los aspectos teóricos del almacenamiento de productos cárnicos y de los productos en sí se estudian para recopilar la información que conforma el primer capítulo.

En el capítulo dos se expone la situación actual de la empresa, realizando un análisis organizacional, operativo y comercial, que concluye con un diagnóstico general con la información base para presentar una propuesta en el capítulo tres. Dicha propuesta abarca los aspectos técnicos en los cuales se basa la elaboración del diseño de las bodegas refrigeradas para productos cárnicos, el cual puede tomarse de base en la elaboración de diseños personalizados.

También se dan a conocer los aspectos técnicos para una correcta instalación, así como las actividades que integran dicho proceso, todo esto agrupado en el capítulo cuatro. Ya en el capítulo cinco se describe las condiciones de puesta en marcha y el tipo de mantenimiento que debe aplicarse para el buen funcionamiento de la bodega, como parte del control para la mejora continua de la empresa.

## **1. ANTECEDENTES GENERALES**

Es importante que las empresas que buscan implementar bodegas refrigeradas para el almacenamiento de productos cárnicos en sus procesos, no solo se enfoquen en los beneficios que se obtienen, sino que también conozcan los conceptos teóricos que se utilizan para poderlas diseñar e instalar.

En Guatemala, la empresa Mantenimiento de Refrigeración S.A. es una de las empresas que ofrece el diseño e instalación de este tipo de productos, así como el servicio de mantenimiento preventivo y correctivo de los mismos.

A lo largo de este capítulo se presenta a grandes rasgos la empresa en donde se realiza el modelo, así como los conceptos teóricos más relevantes que fundamentan el diseño y funcionamiento de las bodegas refrigeradas para el almacenamiento de productos cárnicos.

### **1.1. Empresa Mantenimiento de Refrigeración S.A.**

Esta es una empresa enfocada en atender las necesidades de refrigeración en la industria guatemalteca. Entre los servicios que ofrece está la venta, instalación, reparación y mantenimiento de cuartos fríos, *chillers* y aires acondicionados para diversas áreas.

A continuación se presenta una breve reseña histórica, incluyendo algunas de las bases de su organización, tales como la misión, visión y valores de la empresa.

### **1.1.1. Historia**

Mantenimiento de Refrigeración S.A., es una empresa guatemalteca que lleva más de tres décadas ofreciendo diversos servicios en el ramo de la refrigeración. Asegura que la estabilidad con la que cuenta en el mercado se la debe a las buenas relaciones que ha logrado mantener con sus clientes, sus empleados y sus proveedores. Desde sus inicios, la empresa se ha preocupado por ofrecer a sus clientes dos elementos que considera importantes:

- **Productos de calidad:** busca a los mejores proveedores del gremio, para trabajar con productos y equipos innovadores en cuanto a funcionalidad y eficiencia.
- **Personal altamente calificado:** para asegurar la satisfacción del cliente la empresa capacita a su personal para que adquiera los conocimientos y experiencia necesaria en diseño, instalación y mantenimiento de sistemas refrigerados y aire acondicionado.

A lo largo de los años, uno de los principales retos que ha tenido que enfrentar, son los constantes cambios tecnológicos a los que se han visto expuestos los equipos de refrigeración, así como los equipos y herramientas que se utilizan para el diseño e instalación de los mismos. Establecer buenas relaciones con sus proveedores le ha facilitado las herramientas para mantenerse actualizada y buscar los medios para la capacitación de su equipo de trabajo. Del mismo modo, la responsabilidad y compromiso que demuestran sus empleados en su desempeño, se debe a que la empresa proporciona un buen ambiente laboral.

### 1.1.2. Ubicación

Las instalaciones de la empresa Mantenimiento de Refrigeración S.A. se encuentran ubicadas en la 6ta avenida 4-27, zona 3 de Mixco, en la Colonia Nueva Monserrat. La empresa colinda al norte con el Municipio de San Pedro Sacatepéquez, al sur con el Municipio de Villa Nueva, al este con el Municipio de Guatemala y oeste con el Departamento de Sacatepéquez.

### 1.1.3. Misión

La misión es la especificación de la razón de ser de una empresa, en otras palabras, indica el tipo de actividad que realiza.

En la siguiente figura se muestra la misión de la empresa, la cual se centra en las cualidades con las que trabaja, los servicios que ofrece y el nicho de mercado objetivo, además, incluye el logo como parte de su presentación.

Figura 1. Misión de la empresa



Fuente: Mantenimiento de Refrigeración S.A.

#### 1.1.4. Visión

La visión es la especificación del lugar hacia donde se dirige la empresa, también puede decirse que es lo que una empresa desea ser.

En la siguiente figura se muestra la visión de la empresa, la cual evidencia su deseo de crecimiento y de liderar el mercado en donde se desarrolla, al igual que con la misión, también incluye el logo.

Figura 2. **Visión de la empresa**



Fuente: Mantenimiento de Refrigeración S.A.

#### 1.1.5. Valores

Cada empresa se encarga de establecer los valores con los que desea trabajar y se los inculca a sus empleados, para que los practiquen en el desempeño de sus funciones diarias. Los valores de la empresa son los siguientes:

- **Ética:** enfocada al cliente en cuanto al cumplimiento de los servicios contratados, enfocada al proveedor en cuanto al cumplimiento de los acuerdos en negociaciones, enfocada al trabajador en cuanto al cumplimiento de sus derechos y obligaciones.
- **Innovación:** se mantiene una constante búsqueda por equipos, herramientas o procesos que puedan representar una mejora para los servicios que ofrece actualmente la empresa.
- **Trabajo en equipo:** se trabaja de forma cooperativa, los esfuerzos en cada área se coordinan en conjunto para alcanzar los objetivos de la empresa, toda opinión cuenta y se busca el bienestar común.
- **Responsabilidad social:** se tiene especial cuidado en que las actividades operativas de la empresa no tengan impacto negativo en la comunidad ni en su ambiente.

Figura 3. **Valores de la empresa**



Fuente: Mantenimiento de Refrigeración S.A.

## **1.2. Sistemas de refrigeración**

La refrigeración puede describirse como un método por el cual se logra reducir la temperatura de un cuerpo o de un ambiente. Todos los sistemas de refrigeración buscan revertir el principio de que la temperatura viaja de un cuerpo de mayor temperatura hacia uno de menor temperatura. Esto quiere decir que si un cuerpo de menor temperatura es expuesto a un ambiente con una mayor temperatura, la temperatura del cuerpo aumentará hasta igualar la del ambiente que lo rodea.

### **1.2.1. Elementos de un sistema de refrigeración**

Los sistemas de refrigeración pueden variar de un diseño a otro, pero aunque hay diferentes elementos que conforman cada sistema, se pueden identificar cinco elementos básicos que pueden tenerse en común, sin importar el diseño o función, estos son:

- **Compresor:** permite extraer vapor del evaporador, aumentando la temperatura y presión del vapor para que este pueda condensarse con los medios de condensación normalmente disponibles.
- **Condensador:** su función es proporcionar una superficie de intercambio de calor a través de la cual el calor pasa, del vapor refrigerante caliente, a un medio de condensación, ya sea aire o agua por lo general.
- **Válvula de expansión:** suministra al evaporador la cantidad correcta de refrigerante continuamente. Provoca el retorno del fluido del estado líquido al estado gaseoso, a esta expansión se le conoce como vaporización.

- Evaporador: proporciona una superficie de transferencia de calor a través de la cual el calor pasa del ambiente refrigerado al refrigerante evaporado. Es decir, es el lugar donde se produce el intercambio térmico entre el refrigerante y el medio a enfriar.
- Refrigerante: fluido utilizado en la transmisión de calor que, en un sistema de refrigeración, absorbe calor a bajas temperaturas y presión, cediéndolo a temperatura y presión más elevadas.

### **1.2.2. Tipos de refrigeración**

De acuerdo a los componentes del sistema de refrigeración, estos pueden diferenciarse en tres tipos principales:

- Sistemas de refrigeración de aire denso: en este tipo de sistemas el fluido que se encuentra a mayor temperatura que el ambiente fluye a través del intercambiador de calor, el cual es enfriado por el flujo de aire forzado por el ventilador, y de esta forma se disminuye la temperatura del fluido. El sistema entonces se compone de un intercambiador de calor y un ventilador para forzar la entrada de aire dentro del sistema. Generalmente estos sistemas son utilizados cuando se necesita enfriar un fluido, previo a su utilización.
- Sistemas de refrigeración por compresión: mediante energía mecánica se comprime un gas refrigerante. Al condensar este gas emite el calor latente que absorbe el refrigerante cuando se evapora a una temperatura inferior. Para poder mantener el ciclo se utiliza energía mecánica, generada por lo regular por medio de energía eléctrica. El refrigerante en

estado líquido puede evaporarse nuevamente a través de la válvula de expansión y repetir el ciclo de refrigeración por compresión.

- Sistemas de refrigeración por absorción: este es un método alternativo de refrigeración que generalmente se utiliza cuando se cuenta con una fuente de calor residual, donde la producción de frío es más económica y ecológica, aunque su rendimiento es menor. En estos sistemas la energía que se suministra es térmica, el refrigerante no es comprimido mecánicamente, sino absorbido por un líquido solvente en un proceso exotérmico y transferido a un nivel de presión superior mediante una bomba.

### **1.2.3. Características del sistema de refrigeración**

Entre las características que identifican a un sistema de refrigeración están las características técnicas y las termodinámicas. Cada una de ellas le aporta cualidades únicas, que le permite operar adecuadamente en conformidad con el tipo de funciones que deba cumplir o el objetivo por el cual se ha de instalar un sistema de refrigeración.

#### **1.2.3.1. Características técnicas**

En un sistema de refrigeración las características técnicas básicas a considerar son las siguientes:

- Dimensiones de la bodega: estas se refieren al área a refrigerar, hay situaciones donde los cuartos ya están construidos y hay otros donde hay que construirlos, en ambos casos estas dimensiones son la base para el diseño del sistema de refrigeración.

- Capacidad de refrigeración: con base en las dimensiones del área a refrigerar se establece la capacidad que debe tener el sistema, para lograr mantener el área en la temperatura deseada.
- Aislamientos: se refiere al tipo de techo, paredes y piso que se debe seleccionar para poder alcanzar el aislamiento del área refrigerada.
- Elementos internos: estos son los que conforman el sistema de refrigeración en sí, dependen del tipo de refrigeración y pueden ser por compresión, absorción o aire denso.

Es importante mencionar que las características técnicas de estos sistemas están influenciadas por las características termodinámicas que se deben cumplir, que a su vez se basan en las necesidades que el sistema debe satisfacer.

#### **1.2.3.2. Características termodinámicas**

Debido a que en los sistemas de refrigeración se debe tomar en cuenta la interacción entre el calor y otras formas de energía, hay diferentes factores a tomar en cuenta, entre estos están:

- El calor específico: se refiere a la cantidad de calor a extraer de una sustancia o elemento para disminuir su temperatura. Es por esto que se debe conocer el tipo de productos a refrigerar, así se establece la cantidad de calor que el sistema debe ser capaz de extraer.
- Temperaturas: tales como la temperatura ambiente de la región donde operará el sistema, la temperatura sobre techo que generalmente se estima 20° por encima del ambiente y la temperatura interior.

- Refrigerante: la selección del refrigerante apropiado para el sistema diseñado es muy importante en el proceso termodinámico interno.

Todos los elementos que conforman el sistema de refrigeración que se diseñe deben tener la capacidad de transformar y conducir la energía en la forma adecuada, para que el sistema cumpla con el objetivo para el cual fue creado.

### **1.3. Bodegas refrigeradas**

Estas bodegas se utilizan para conservar las propiedades y la calidad de productos perecederos que requieren un almacenamiento bajo un ambiente a temperatura controlada. Estas bodegas pueden construirse en diferentes tamaños, con diferentes capacidades, dependiendo de los productos que se van a almacenar en ellos. Son comúnmente utilizadas para almacenar frutas, hortalizas, carnes, lácteos, químicos o medicamentos, entre otros.

En estas bodegas es necesario llevar un control eficiente de la temperatura y la humedad para reducir la acumulación de escarcha, optimizar la energía y evitar costos ocasionados al tener que descongelar los productos o cambiar los empaques.

Las condiciones dentro de una bodega refrigerada cerrada deben ser adecuadas para preservar el producto almacenado, esto se refiere específicamente a la vida estacional, útil y al almacenamiento de larga duración. Los aspectos a considerar en una bodega refrigerada son: la capacidad de mantener temperaturas uniformes, distancias del flujo de aire y choque del aire de circulación en el producto almacenado, el efecto de la humedad relativa, ventilación controlada, temperatura del producto al ingresar en bodega,

duración de almacenaje esperado, temperatura requerida en el producto al salir de la bodega, así como el tráfico dentro de la bodega.

Por lo general, las bodegas refrigeradas se construyen utilizando paneles aislantes prefabricados y fijados sobre estructuras de acero o concreto. El aislamiento en ellas se puede colocar en el exterior o interior de las estructuras; cuando se hace en el exterior, se cubre la edificación sin discontinuidad para evitar las dificultades que trae un techo aislado suspendido. En cuanto al aislamiento exterior, este facilita reparaciones y ampliaciones en el caso de que sean necesarias.

Aunque en principio la función de las bodegas refrigeradas sea la misma, el diseño de estas puede variar dependiendo el tipo y cantidad de producto a almacenar, así como el espacio disponible para su instalación. Es por esta razón que no solo varía la capacidad de sus componentes, sino que también varía la distribución interna.

### **1.3.1. Almacenamiento en frío**

El almacenamiento en bodegas refrigeradas requiere como mínimo experiencia y conocimientos en:

- Condiciones de almacenamientos de los productos según sus propiedades
- Buenas prácticas de almacenamiento
- Manejo, control y mantenimiento de equipos refrigerados

Hay procesos, en el almacenamiento en frío, que requieren especial cuidado, tales como el estibamiento y manejo de cargas para ingresar o sacar productos correcta y rápidamente. Los estantes o tarimas de almacenamiento

deben ser adecuados para los productos que se desee almacenar, deben facilitar el manejo de cargas, la circulación dentro de la bodega y la limpieza e higiene de la misma.

La constante apertura de la bodega permite la filtración de calor, por lo que debe ser regulada; en los casos en los que se requiera mantener abierta la puerta por un período de tiempo prolongado, la entrada debe proveerse de una cortina de tiras de plástico anchas y transparentes para evitar la excesiva filtración de calor.

Si la bodega está llena debe programarse un control diario de la temperatura y examinar regularmente el termostato para detectar eficientemente cualquier irregularidad o cambio en la temperatura que pudiera afectar las propiedades de los productos almacenados.

El registro cuidadoso del tipo y volumen de producto en bodega, temperatura y humedad diaria, ingresos y egresos diarios, así como las pérdidas de productos durante almacenamiento, son muy importantes para un control eficiente del almacenamiento en frío.

### **1.3.2. Tiempo de refrigeración**

Es el tiempo necesario para que un producto alcance una temperatura determinada en su centro térmico, es decir, el punto del producto en el que la temperatura es la más elevada en el proceso de congelación. El tiempo se toma partiendo de una temperatura inicial y toma en cuenta factores como la temperatura del medio de enfriamiento, configuración geométrica, tipo de envase u otras variables.

La determinación del tiempo de refrigeración constituye un elemento de importancia práctica en el diseño de una bodega refrigerada. En la actualidad se cuenta con tablas, en las cuales se ha establecido el tiempo de refrigeración de una variedad de productos bajo condiciones específicas.

### **1.3.3. Tiempo de congelación**

El período de tiempo real que dura el proceso de congelación depende de diversos factores, algunos de ellos son relativos al producto que se somete a congelación y otros al equipo de refrigeración que se utilice para realizar el proceso. Entre los factores más importantes se tienen los siguientes:

- Las dimensiones y forma básica del producto en cuanto a su espesor
- Temperatura de ingreso del producto
- Temperatura de egreso del producto
- Temperatura del refrigerante
- Coeficiente de transferencia de calor superficial del producto
- Variación de entalpía o energía sensible debajo del punto de congelación
- Conductividad térmica del producto

Es necesario establecer el tiempo de congelación para poder determinar la velocidad de refrigeración que se requiere en relación con la capacidad de congelación, lo cual se puede hacer a través de métodos numéricos o métodos aproximados como el uso de tablas, de acuerdo a esto la congelación puede ser lenta o rápida.

Las reacciones físicas y químicas de un producto, con base en sus propiedades, al ser congelados pueden llevar a una pérdida gradual de calidad, la cual es acumulativa e irreversible, de tal forma que al transcurrir determinado

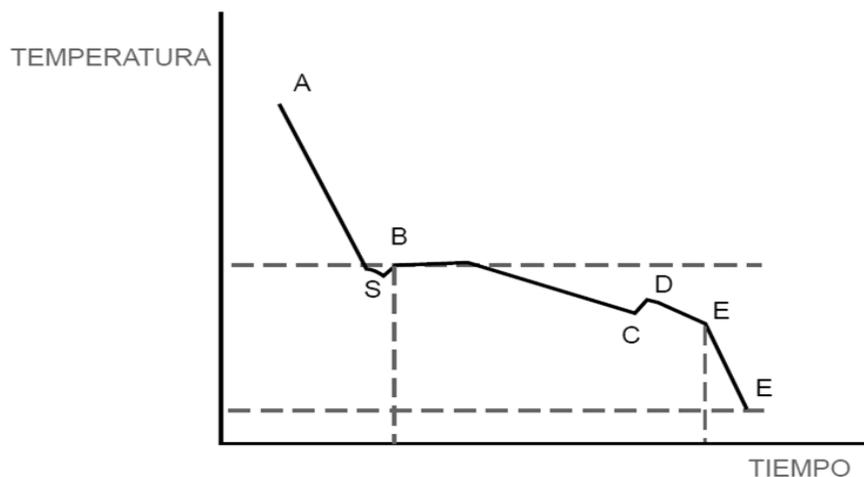
tiempo, el producto pierde sus propiedades y deja de ser apto para el consumo humano; es por ello que debe llevarse un control de cada producto que ingresa, para estimar el tiempo que lleva congelado y saber el momento en que debe ser desechado.

### 1.3.4. Curva de congelación

El proceso de congelamiento en alimentos es un poco más complejo que el congelamiento del agua. Debido a que los alimentos contienen agua y otros solutos disueltos, su comportamiento ante la congelación es similar al de las soluciones.

La evolución de la temperatura con el tiempo durante el proceso de congelación es a lo que se le llama curva de congelación. La figura que se muestra a continuación es la representación de la curva de congelación típica de una solución.

Figura 4. Curva de congelación de una solución



Fuente: TELLO NUÑEZ, Henry. *Tiempo de congelamiento*. P. 8.

La curva de la figura anterior posee diferentes secciones que se describen a continuación:

- AS: el alimento se enfría por debajo de su punto de congelación, inferior a los  $0^{\circ}\text{C}$ . En el punto S, al que corresponde una temperatura inferior al punto de congelación, el agua permanece en estado líquido. Este subenfriamiento puede llegar a ser de hasta  $10^{\circ}\text{C}$  por debajo del punto de congelación.
- SB: la temperatura aumenta rápidamente hasta alcanzar el punto de congelación, pues al formarse los cristales de hielo se libera el calor latente de congelación a una velocidad superior a la que este extrae del alimento.
- BC: el calor se elimina a la misma velocidad que en las fases anteriores, eliminándose el calor latente con la formación de hielo, permaneciendo la temperatura prácticamente constante. El incremento de la concentración de solutos en la fracción de agua no congelada provoca el descenso del punto de congelación, por lo que la temperatura disminuye ligeramente. En esta fase es en la que se forma la mayor parte de hielo.
- CD: uno de los solutos alcanza la sobresaturación y se cristaliza. La liberación del latente correspondiente provoca el aumento de la temperatura hasta la temperatura eutéctica del soluto.
- DE: la cristalización del agua y los solutos continúa.

- EF: la temperatura de la mezcla de agua y hielo desciende. En realidad la curva de congelación de los alimentos resulta algo diferente a la de las soluciones simples, siendo esa diferenciación más marcada en la medida en que la velocidad a la que se produce la congelación es mayor.

#### **1.4. Productos cárnicos**

Estos son productos alimenticios preparados, total o parcialmente, con carne de especies autorizadas para consumo humano, los cuales son generalmente sometidos a diferentes procesos antes de ser puestos en el mercado. La carne se obtiene de animales criados bajo controles veterinarios y zootécnicos debidamente comprobados, estos animales son sacrificados técnicamente en mataderos autorizados y su carne, así como todos los productos cárnicos obtenidos, se comercializan en diferentes presentaciones.

Los productos cárnicos tienen una alta tendencia de descomposición, por ser un medio ideal de cultivo para microorganismos, esta es la razón por la cual deben ser manipulados y empacados cuidadosamente bajo altos estándares de inocuidad. La vida útil de los productos cárnicos depende de diversos factores, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- Tipo de especie animal de la cual se extrae el producto
- Manejo de la carne ante y post *mortem*
- Higiene e inocuidad durante la manipulación del producto
- PH y temperatura de la carne al envasarla
- Composición de los gases que rodean al producto

La composición de los gases que rodean al producto cárnico puede ser modificada al exponerlo a altas concentraciones de oxígeno para aumentar la

oxigenación de los pigmentos presentes, o bien excluyendo alternativamente el oxígeno del empaque.

#### **1.4.1. Clasificación**

Hay diferentes formas de clasificar los productos cárnicos, la forma convencional es clasificarlos según su procedencia, es decir, si son bovinos, porcinos, ovinos, caprinos o avícolas. También se pueden clasificar de acuerdo al proceso al que son sometidos, tales como productos cárnicos curados, tratados por calor o frescos.

#### **1.4.2. Producción**

La producción de productos cárnicos se puede considerar desde la crianza de animales de consumo humano, en la que a través de mataderos se obtiene la materia prima que puede ser empaquetada con cortes especiales, o puede ser tratada para obtener diferentes productos.

#### **1.4.3. Empaque**

Tanto la carne como los productos cárnicos son manipulados por diferentes personas en diferentes procesos, antes de ser adquiridos por el consumidor final. Esto hace que sea muy importante elegir un método adecuado para preservar este tipo de productos.

El principal objetivo del empaque que se utiliza para productos cárnicos es conservar y proteger el producto para mantener íntegras sus propiedades, tales como el olor, color y frescura a través de la inocuidad de los mismos; estos aspectos pueden ser vistos, por el consumidor, como un indicador de calidad.

Las técnicas de conservación que se utilicen para los productos cárnicos dependen de la disposición de cada empresa, cumpliendo con las normas de inocuidad correspondientes.

#### **1.4.3.1. Técnicas de conservación**

La tecnología que generalmente se utiliza para empacar los productos cárnicos ha consistido principalmente en el aislamiento de la exposición a microorganismos que aceleren su descomposición. Entre las técnicas más utilizadas para el empaque de productos cárnicos están las siguientes:

- Empaque permeable al aire
- Empaque en atmósferas modificadas
- Empaque al vacío

#### **1.4.3.2. Películas plásticas para empaque de carne**

Basados en los factores que contribuyen a la deterioración de los productos cárnicos, se hace necesario el uso de películas que actúen como una barrera protectora. La calidad de los alimentos empacados está influenciada parcialmente por las propiedades de los materiales que forman parte de estos, como las películas plásticas y la composición de las bandejas de poliestireno. Es por esto que las películas impermeables o semipermeables han sido desarrolladas para regular el paso de determinados gases y de la humedad del medio hacia el interior del empaque, para mejorar considerablemente las propiedades de barrera y sellado.

Para poder elegir correctamente la película con la cual se pueden empacar los productos cárnicos hay que tomar en cuenta el tiempo durante el

cual el producto permanecerá empacado, así como las condiciones de humedad y temperatura en las cuales se ha de almacenar y transportar.

Los materiales que son utilizados para el empaque de productos cárnicos son generalmente poliméricos capaces de actuar como barrera para el O<sub>2</sub>, como las poliamidas, el polietileno y el polipropileno, que son eficientes barreras contra la humedad y muestran buenas características de sellado. El polietileno de baja densidad y el cloruro de polivinilo son los principales plásticos empleados en el empackado aunque también se puede utilizar poliestireno.

#### **1.4.3.3. Gases para el empaque de carne**

El empaque de la carne puede hacerse en atmósferas modificadas, utilizando gases que se dispersan en el aire, aplicadas en diferentes concentraciones. Estos gases pueden modificar algunas características y propiedades de la carne, por lo que deben utilizarse de forma controlada.

Las mezclas de los gases seleccionados para empaque dependen del tipo y propósito del empackado, siendo los de mayor uso los siguientes:

- Oxígeno: acelera el crecimiento de las bacterias aerobias que afectan la conservación de la carne. La eliminación del O<sub>2</sub> en el empaque prolonga el tiempo de vida de la carne desde el punto de vista microbiológico, aunque también influye en la oxidación del pigmento y coloración de la carne, produciendo un color púrpura o rojo oscuro.
- Dióxido de carbono: disminuye el crecimiento de los microorganismos aerobios, en un medio acuoso se puede producir ácido carbónico que también tiene efecto bacteriostático. Este gas no afecta directamente los

componentes químicos de la carne, sin embargo, promueve cambios en el color dando un tono grisáceo.

- Nitrógeno: se utiliza como gas de relleno para impedir que el empaque se colapse cuando la atmósfera modificada tiene alta concentración de CO<sub>2</sub>, tiene la particularidad de no causar ningún efecto directo en el crecimiento microbiológico o en el color de la carne.
- Monóxido de carbono: se utiliza para mantener el color rojo de la carne, inhibe el crecimiento de algunos patógenos y su uso se ha autorizado en condiciones controladas entre 0,2 a 0,4 %, ya que al exceder este parámetro puede llegar a ser tóxico para el consumidor.

## **1.5. Almacenamiento**

En términos simples, el almacenamiento es un proceso por medio del cual se agrupan y resguardan elementos en un área destinada o habilitada para ello. En todas las empresas, ya sean productoras o comercializadoras, se tiene un área destinada para el almacenamiento de materias primas, materiales y productos terminados, y dependiendo del tamaño y de la cantidad de los elementos a almacenar puede variar la distribución del área, el equipo y el personal que se requiere para las tareas de almacenamiento.

Entre los aspectos básicos a considerar en el almacenamiento está el orden y limpieza del área, iluminación, ventilación, identificación de los productos, identificación de áreas y el manejo adecuado de cargas.

### **1.5.1. Tipos de almacenaje**

El almacenaje puede clasificarse de acuerdo a las características de los elementos que se almacenan, es decir, si son materias primas, producto en proceso, en maduración o terminado. El tipo de almacenaje que requieren las materias primas varía respecto al almacenaje que requiere el producto en proceso y el producto terminado. Las condiciones ambientales, el tipo de empaque, así como la manipulación de los elementos varían conforme al estado en que se encuentren, sus necesidades de resguardo cambian y son las que el almacenamiento adecuado busca satisfacer.

#### **1.5.1.1. Almacenaje de materias primas**

Las materias primas son la base de la producción. Son las que sufren una transformación durante los procesos productivos de una empresa y por lo general son adquiridas a través de proveedores.

Dependiendo del tipo de producción y de sus instalaciones, hay empresas que utilizan un solo espacio como bodega, donde pueden almacenar materias primas, materiales de empaque, producto en proceso y producto terminado todo ordenado y seccionado. Pero también hay otras, que por el tipo de producción y las necesidades de los elementos a almacenar, deben destinar un espacio exclusivo para materias primas.

Aunque hay empresas que extraen o generan sus propias materias primas, también hay varias que las adquieren a través de proveedores. Independientemente de su procedencia, el proceso básico y general para el almacenamiento de materias primas es el siguiente:

- Al recibir las materias primas, se asigna una persona para revisar las condiciones físicas externas del empaque, o de la materia prima en sí, dependiendo de su naturaleza.
- Se valida la documentación que identifica y describe la materia prima: nombre, características generales, código o número de lote, fecha de fabricación, vencimiento, cantidad y peso, entre otros.
- Se asigna un área específica para el almacenamiento de la materia prima que ingresa, que cumpla con las condiciones ambientales que aseguren la integridad de las mismas.
- Tanto las áreas donde se almacenen como las materias primas en sí, deben ser identificadas o rotuladas.
- Se debe crear un registro de toda la materia prima que ingresa y egresa al almacén o bodega y generar la documentación necesaria para llevar un control de la cantidad y tipo de materias primas en existencia.

Es responsabilidad de cada empresa crear las políticas de almacenaje que considere convenientes para resguardar las materias primas que se utilicen en sus procesos de producción.

#### **1.5.1.2. Almacenaje de productos en proceso**

Este tipo de almacenaje se requiere en la elaboración de productos que deben ser reposados bajo ciertas condiciones para alcanzar las características requeridas para continuar el proceso productivo hasta convertirse en un producto final. Para la elaboración de ciertos embutidos, por ejemplo, las empresas cuentan con cámaras donde reposa el producto en proceso, con temperaturas controladas entre 0 a 4 °C y con diversas capacidades de almacenaje.

### **1.5.1.3. Almacenaje de producto de maduración**

Al igual que en el anterior, este tipo de almacenaje es específico para la elaboración de ciertos productos como los embutidos, lácteos y otros. La diferencia radica en las condiciones ambientales que requiere el proceso de maduración.

El proceso de maduración para ciertos embutidos requiere de cámaras donde se elimina la humedad a temperaturas aproximadas de 15°C y deben contar con varillas de acero inoxidable para poder colgar el producto. La capacidad de almacenaje es variable, dependiendo de las posibilidades de la empresa que la construya, cuidando de cumplir específicamente las condiciones de temperatura y humedad.

### **1.5.1.4. Almacenaje de producto terminado**

El producto terminado puede ser almacenado de diversas formas, variando conforme la naturaleza del mismo. Hay productos que por su tamaño se empacan y almacenan individualmente, mientras que hay otros que se empacan y almacenan colectivamente. Esto implica que el lugar donde se ha de almacenar debe cumplir con ciertas condiciones, en cuanto a la capacidad de los estantes, la distancia entre paños, *pallets* y estantes, el tamaño de los pasillos de circulación, etc.

El equipo que se utiliza para el correcto almacenaje de producto terminado también puede variar de acuerdo al peso y tamaño del producto. Cada empresa debe analizar estos detalles antes de crear la bodega para el almacenaje de productos terminados, considerando también la accesibilidad para el despacho de los mismos.

Todo el producto terminado debe ser identificado o rotulado, para mantener el orden en bodega y evitar confusiones en las entregas. El registro y control de la cantidad de producto terminado que entra y sale de la bodega también es muy importante, debiendo tomar las medidas necesarias para ello.

### **1.5.2. Equipo para el almacenamiento**

El proceso de almacenamiento requiere de equipo para la movilización y resguardo de los elementos a almacenar, entre los más comunes se tienen los siguientes:

- **Montacargas:** este puede ser eléctrico o de gasolina, generalmente se usa para movilizar cargas pesadas o de gran tamaño y, dependiendo de sus características, también puede elevarlas, por lo que permite el almacenaje en *racks*.
- **Racks:** son estanterías industriales metálicas que se adaptan a diferentes distribuciones, peso y volumen de carga, permitiendo el almacenaje paletizado en vertical, por lo que las dimensiones de las mismas se basan en las dimensiones de los *pallets* a utilizar.
- **Pallet:** son tarimas que consisten en una armazón de madera, plástico u otro material resistente, que se utilizan para estibar, almacenar o transportar mercaderías embaladas.
- **Estanterías:** armazones metálicas o de madera, con peldaños o paños, en las que se colocan los productos a almacenar. En la actualidad se recomiendan los de paños enrejados para evitar la acumulación de polvo.

- Escaleras: estas se usan en el almacenaje horizontal para alcanzar los peldaños altos de una estantería, por lo general en el almacenamiento se recomienda el de dos alas para mayor seguridad.
- EPI: el equipo de protección individual que generalmente se usa en almacenes o bodegas, consiste en casco, zapatos industriales y cinturón de cargas.

Aunque existen más equipos, los antes mencionados son los de mayor uso y sus características pueden variar de acuerdo a los elementos que se van a almacenar.

### **1.5.3. Buenas prácticas de almacenamiento**

Las buenas prácticas de almacenamiento consisten en normas que garantizan el resguardo correcto de los elementos dentro del almacén o bodega. Para establecerlas se estudian los elementos básicos que intervienen en el proceso de almacenamiento, los cuales son: el recurso humano, la infraestructura, la documentación, materiales, envases y etiquetas.

#### **1.5.3.1. Recurso humano**

El recurso humano que una empresa puede asignar a las tareas de almacenamiento depende de la capacidad productiva de la misma; a mayor producción, mayor es la cantidad de materias primas, materiales y productos terminados que requieren almacenamiento.

Las normas básicas que el recurso humano de almacenamiento debe cumplir son:

- Revisar las condiciones físicas externas de todos los elementos que reciban o entreguen, cuidando que los empaques estén intactos, que estén bien identificados, que las tapas estén bien aseguradas, etc.
- Verificar cuidadosamente las cantidades de elementos que reciban o despachen.
- Colocar rótulos visibles para identificar áreas y estanterías, que permitan localizar más fácilmente los productos dentro de la bodega.
- Validar que todos los productos estén bien identificados, con nombre, código o número de lote, fecha de fabricación, vencimiento y cantidad existente, entre otros.
- Mantener el orden y la limpieza de toda el área, las estanterías y los elementos que se almacenen.
- Mantener pasillos despejados.
- No comer, fumar o jugar dentro del área de almacenamiento.
- Utilizar el equipo de protección individual que se le proporcione.
- Hacer buen uso de todo el equipo que se proporcione y notificar cualquier anomalía que se perciba en este.
- Crear un registro de los ingresos y egresos al almacén o bodega y generar la documentación necesaria para llevar un control de los mismos.

Cada empresa puede crear las normas de almacenamiento que considere necesarias, capacitando a su personal sobre las buenas prácticas de almacenamiento, para asegurar su cumplimiento.

#### **1.5.3.2. Infraestructura**

El área que se asigne para las tareas de almacenamiento debe contar con una ventilación e iluminación adecuadas, así como el espacio suficiente para cubrir las necesidades de almacenamiento. Las empresas deben hacer un estudio de la cantidad y tipo de elementos que han de almacenar, para poder establecer las dimensiones adecuadas del área para bodega, considerando los espacios para pasillos, la estabilidad y distribución de los *racks*, estanterías o *pallets*, entre otros factores como temperatura y humedad.

#### **1.5.3.3. Documentación de actividades de almacenamiento**

Todas las actividades de almacenamiento deben ser documentadas, principalmente para establecer un control de los ingresos y egresos de bodega, lo cual permite determinar la cantidad de elementos que se mantienen en existencia dentro de las instalaciones y que son de las que se disponen para la producción y ventas. Es común que este control se haga a través de sistemas computarizados, donde se introduce el nombre del producto, la cantidad, código, lote, vence, fecha de ingreso, fecha de egreso, total disponible y nombre de quien da ingreso o egreso, entre otros datos.

#### **1.5.3.4. Materiales, envases y etiquetas**

En las tareas de almacenamiento son diversos los materiales, envases y etiquetas que se pueden utilizar. El material de las estanterías y de los *pallets* varía dependiendo del tipo de productos que se han de colocar en ellos. No es lo mismo un envase de vidrio que un envase de plástico, la temperatura o las propiedades del elemento que contenga se pueden ver alteradas por sus características. Por esto es necesario realizar un estudio de los materiales y envases compatibles con los productos que se han de almacenar.

Por otro lado, también las etiquetas deben ser apropiadas, por ejemplo, si el producto va a ser expuesto a cierta humedad, las etiquetas deben poseer un recubrimiento que les permita soportar las condiciones a las que sean expuestas. Además se debe tener especial cuidado de que cada etiqueta contenga la información esencial y relevante respecto al producto que estén identificando. Cada empresa hace el estudio correspondiente para elegir los materiales, los envases y las etiquetas que deben utilizar, siendo responsabilidad de las personas que lo manipulen que estos se mantengan en las condiciones correctas al ser utilizados.

#### **1.6. Mantenimiento**

Son todas las acciones que se pueden establecer para conservar las características operativas o funcionales de una maquinaria, equipo o instalación, en un determinado período de tiempo, que generalmente se basa en el tiempo de vida promedio del mismo.

Hay diferentes tipos de mantenimiento, en el área industrial los más comunes son los mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos. Todos

estos pueden proporcionarse de forma interna o externa. Hay empresas que procuran tener dentro de su organización un equipo de trabajo destinado para las actividades de mantenimiento, estableciendo un departamento o área de mantenimiento con el personal y equipo que satisfaga las necesidades de la empresa.

También hay empresas que prefieren contratar personal externo para este tipo de labores, ya sea porque no poseen maquinaria o equipo que requiera de mantenimiento constante, o bien, porque el mantenimiento que requieren es especializado.

Para ambas situaciones hay empresas que se han creado específicamente para proporcionarles el mantenimiento a empresas industriales con esas necesidades, de tal forma que les realizan el diagnóstico, programan el mantenimiento según las necesidades detectadas en el diagnóstico, realizan los presupuestos y, si son aprobados, se trabaja los mantenimientos aislados o individuales, así como mantenimientos consecutivos programados por un determinado período de tiempo.

Cualquiera que sea la forma en que se proporcione el mantenimiento, siempre es necesario que cada empresa tenga los conocimientos básicos de lo que requieren sus maquinarias, equipos o instalaciones en cuestiones de mantenimiento.

### **1.6.1. Preventivo**

El mantenimiento preventivo se realiza antes de que ocurra una falla en el equipo y es el conjunto de actividades que pueden programarse para verificar

que el equipo, maquinaria o instalaciones se encuentren en buen estado y óptimas condiciones de funcionamiento.

Generalmente el mantenimiento preventivo se basa en revisiones periódicas, en las cuales se observa las maquinarias y equipos en operación. Se detectan vibraciones, ruidos, temperaturas o cualquier pieza fuera de los parámetros normales, que puedan representar una anomalía y necesiten ser ajustados o reparados.

Las empresas pueden elaborar manuales de mantenimiento preventivo basados en las maquinarias, equipos e instalaciones que poseen, para facilitar el desempeño de los trabajadores que lo realicen. Estos manuales sirven de guía para saber exactamente qué, cómo, cuándo y dónde buscar las anomalías que puedan presentarse según el equipo que posean. También pueden usarse los manuales que los fabricantes de las maquinarias o equipos proporcionan, ya que generalmente poseen una sección de mantenimiento para asegurar la vida útil que se ofrece.

### **1.6.2. Predictivo**

El mantenimiento predictivo es el conjunto de actividades que pueden programarse y aplicarse cuando se tienen maquinarias, equipos o instalaciones que, de acuerdo al tiempo de operación o a su uso, necesitan cambios de piezas, lubricación o ajustes específicos.

Hay máquinas que después de ciertas horas de operación necesitan cambio de fajas, aceite, contactos o tuberías. Mientas que otras requieren cambios independientemente del tiempo de uso, tales como pintura en la carcasa o ajuste de los estabilizadores.

Si el mantenimiento predictivo es interno, es necesario que se realice un historial o ficha de mantenimiento por maquinaria, equipo e instalación, que permita llevar un control de los mantenimientos realizados. Esta ficha también se utiliza para realizar la programación de los mantenimientos predictivos, en los cuales se establecen los recursos humanos y materiales a utilizar para ello.

Por otro lado, si se contrata a una empresa que se encargue de realizar el mantenimiento predictivo, la empresa contratante puede solicitar copia de dicha ficha de mantenimiento a la empresa contratada, para llevar un registro de las actividades de mantenimiento y poder constatar el estado en el que se encuentra el equipo.

### **1.6.3. Correctivo**

El mantenimiento correctivo puede definirse como el conjunto de actividades que se ejecutan al momento en que ocurre una falla o avería en el equipo, maquinaria o instalación que requiera atención inmediata para poder continuar con su función.

Este tipo de mantenimiento es el más común en las fábricas o empresas productivas y usualmente generan un incremento en los costos. Al generarse fallas en las maquinarias o equipos que se utilizan en los procesos productivos, se interrumpe la producción por períodos de tiempo variados. Para calcular el costo de los mantenimientos correctivos se debe incluir el costo de los repuestos, materiales y recurso humano empleado en el mantenimiento, así como el costo del tiempo improductivo.

Uno de los principales problemas del mantenimiento correctivo se da cuando se requieren repuestos que no están disponibles inmediatamente. Hay

casos en los que las piezas se pueden comprar y adquirir fácilmente, pero hay otros casos en los que las piezas se deben mandar a hacer o pedir en empresas extranjeras, por lo que el tiempo de espera para la reparación es mucho más largo y, por lo tanto, más costoso.

También se pueden elaborar manuales de mantenimiento correctivo, basados en el historial de fallas en el equipo, maquinaria o instalación. Esta es una de las razones por las cuales es tan importante llevar un registro de todas las actividades de mantenimiento. En dichos manuales se pueden describir los posibles eventos, las causas, la forma de solución, los materiales o repuestos a utilizar, los puntos de abastecimiento, el tiempo promedio de mantenimiento y los recursos humanos necesarios.

## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

Para que la empresa Mantenimiento de Refrigeración S.A. pueda ofrecer sus servicios cuenta con un Departamento de proyectos, el cual está conformado por tres áreas enfocadas en sus funciones: el diseño, el mantenimiento y la instalación de equipos de refrigeración.

El objetivo de estudiar la situación actual de la empresa es conocer cómo funciona y así establecer la forma más adecuada para realizar la propuesta. Es decir, si se conoce la gestión comercial, el tipo de servicios que se ofrecen y cómo se gestionan los proyectos, es más fácil realizar un análisis operativo del Departamento de Proyectos y presentar un diagnóstico general de las necesidades encontradas.

### **2.1. Departamento de Proyectos**

Este es el corazón de la empresa, ya que en allí se administran los servicios que se ofrecen. Se encarga de planificar, organizar, coordinar, dirigir y controlar los diseños, los mantenimientos y las instalaciones de equipos que los clientes solicitan a la empresa.

El Departamento de Proyectos cuenta con personal calificado en cada área, busca siempre proporcionarle las herramientas necesarias para su buen desempeño, lo cual va desde equipo especializado hasta capacitaciones de actualización y reforzamiento. El jefe de este departamento es el que se encarga de las gestiones necesarias con los clientes, desde la contratación del servicio, y mantiene el control de todos los proyectos que se ejecutan.

## **2.2. Distribución de áreas**

El Departamento de Proyectos se ha seccionado en tres áreas, con base en las actividades que se realizan para la ejecución de los servicios que ofrece la empresa, trabajando como un equipo multifuncional, donde cada área realiza una tarea específica, pero con base en lo que las demás áreas aportan en un proyecto específico.

Entre los servicios que ofrece la empresa está el diseño de equipos de refrigeración exclusivo para las necesidades y posibilidades de cada cliente, por esto se crea el área de diseño de equipos. También ofrece el servicio de mantenimiento general, que es el que puede aplicarse a diversos equipos industriales, aunque se enfoca más en los equipos de refrigeración, por esto se cuenta con el área de mantenimiento general. Además comercializa equipos de refrigeración, por lo que existe el área de instalación de dichos equipos.

Cada área tiene su propio espacio físico, sin embargo, se tiene un área común, que es donde se presentan las necesidades y aportes de cada uno en los proyectos que adquiere la empresa. La individualidad de cada área hace que el departamento trabaje de forma continua, que los equipos de trabajo sean más eficientes y que los proyectos se elaboren en el tiempo esperado.

### **2.2.1. Área de diseño de equipos**

En esta área se elaboran los diseños de los equipos a medida que los clientes le solicitan a la empresa, con base en ellos se realiza la cotización de los materiales, la distribución de recursos y los presupuestos para trabajar cada uno de los proyectos de instalación. También, con base en el diseño, se puede planificar el mantenimiento preventivo para los equipos.

Aunque las partes que conforman un sistema de refrigeración son las mismas, la distribución y capacidad de cada una de estas puede variar de acuerdo al diseño. Gracias a la diversidad de empresas que requieren equipos de refrigeración que operen en condiciones específicas para los espacios físicos de las que disponen es que existe un amplio campo de aplicación para el área de diseño. El área de diseño se encarga de optimizar el espacio del que disponen los clientes, para que los equipos tengan la capacidad deseada y satisfacer sus necesidades. Debido a que los diseños se elaboran con programas computarizados, se tiene una oficina exclusiva para el sistema de cómputo y material para la elaboración de planos que utiliza el área de diseño.

### **2.2.2. Área de mantenimiento general**

El servicio de mantenimiento de aire acondicionado, así como de cuartos fríos de congelación y conservación, son la base de la actividad operativa de esta área.

El área de mantenimiento general realiza la programación de los mantenimientos preventivos y correctivos, con base en las requisiciones que pasa el área de ventas y el registro de equipos instalados por la empresa. Aunque la mayoría de los mantenimientos preventivos son para clientes que han trabajado con la empresa desde el diseño de sus equipos, también hay clientes que únicamente contratan el servicio de mantenimiento para equipos instalados por ellos mismos o por otras empresas.

Se ha destinado un área específica para las herramientas y el equipo que se ha de utilizar para proporcionar los servicios de mantenimiento, pero en general los servicios se proporcionan en los edificios, comercios, oficinas, residencias y hospitales que los clientes indiquen. Es por esto que también

cuentan con medios de transporte, para poder realizar las visitas de mantenimiento.

En esta área se evidencia el trabajo colaborativo, ya que los servicios de mantenimiento preventivo no podrían programarse si el área de instalación no llevara un registro de los equipos instalados, con las fechas, condiciones y especificaciones de los equipos instalados.

### **2.2.3. Área de instalación**

En esta área es donde se coordinan todas las actividades para realizar las instalaciones de los equipos diseñados y comercializados por la empresa. Cuenta con un espacio físico para los equipos y herramientas que se utilizan para la instalación, pero, al igual que en los mantenimientos, los trabajos se realizan en las instalaciones que los clientes indiquen.

En el área de instalación también se demuestra el trabajo colaborativo, ya que los servicios de instalación no se podrían llevar a cabo sin las indicaciones que proporciona el área de diseño, además trabaja en conjunto con el área de compras para poder adquirir todos los materiales que se requieren para realizar cada instalación, que dependiendo de sus características puede variar el tipo de elementos a adquirir.

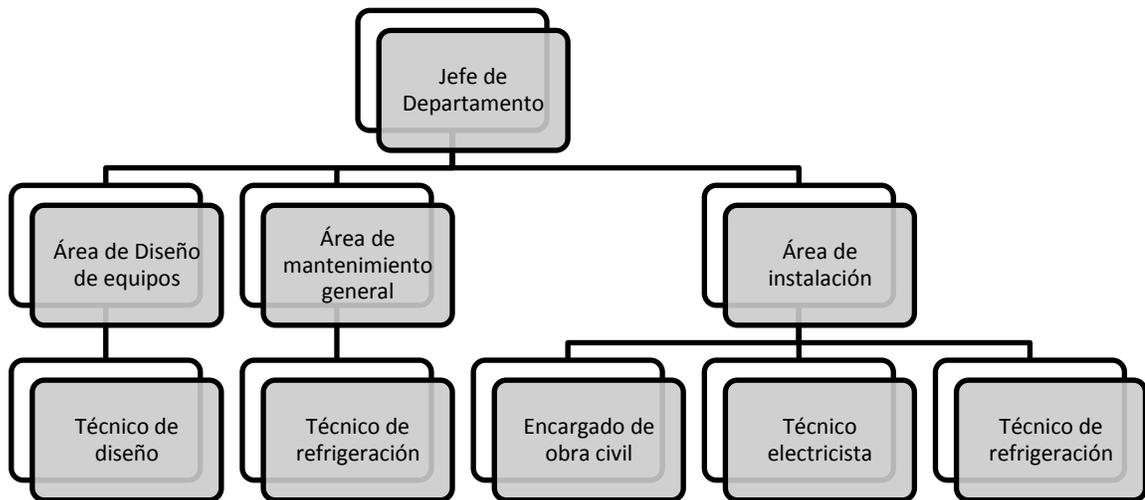
La programación del trabajo se realiza con base en las requisiciones que pasa el área de ventas y las indicaciones del área de diseño. Es importante mencionar que la empresa también proporciona los medios adecuados para transportar los equipos, materiales y personal necesario para realizar las instalaciones. En los casos donde los proyectos sobrepasan la capacidad de los

vehículos de la empresa, se subcontrata este servicio para cubrir todos los servicios.

### 2.3. Distribución del recurso humano

Con base en la distribución de áreas dentro del Departamento de Proyectos, así se ha distribuido el recurso humano en ellos. A continuación se presenta un organigrama que representa la distribución de recurso humano por áreas de trabajo dentro del Departamento de Proyectos.

Figura 5. Organigrama del Departamento de Proyectos



Fuente: elaboración propia.

### **2.3.1. Personal de diseño**

El área de diseño cuenta con la colaboración de un técnico de diseño que trabaja en conjunto con el Jefe del Departamento de Proyectos. El técnico de diseño es el encargado de las siguientes actividades:

- Realizar los planos de acuerdo a las condiciones que especifica el jefe del departamento basado en la visita de reconocimiento y las necesidades del cliente.
- Realizar la diagramación de los proyectos que permiten realizar la estimación de recursos a utilizar y la elaboración de presupuestos en el menor tiempo posible.
- Dar a conocer las especificaciones del equipo que se ha de utilizar, para que se tome en cuenta a la hora de la instalación.
- Pasar la información al área de ventas, área de instalación y al área de compras para la adquisición de recursos y presentación de cotizaciones al cliente.

Dependiendo de la magnitud de los proyectos así es el tiempo que se emplea para realizar los diseños, el tiempo promedio de diseño por proyecto es de 4 horas para proyectos pequeños, 6 a 8 horas para proyectos medianos y hasta 24 horas para proyectos grandes.

La empresa asegura que el tiempo de diseño es uno de los factores más influyentes en el cierre de ventas para instalación de equipos, por lo que la eficiencia del mismo es primordial.

### **2.3.2. Personal de instalación**

El área de instalación es la que cuenta con más recurso humano que las demás áreas, debido a que sus procesos abarcan competencias técnicas específicas en obra civil, refrigeración y electricidad. Es por ello que el personal de instalación se conforma de la siguiente manera:

- Encargado de obra civil: es el que vela por que los elementos de obra civil cumplan con las especificaciones que requiere cada instalación. Se encarga de solicitar todos los materiales que necesita específicamente para sus instalaciones.
- Técnico electricista: es el que se encarga de realizar las instalaciones eléctricas para el buen funcionamiento de los equipos de refrigeración que se instalen. También es responsable de solicitar todos los materiales que necesita para realizar sus instalaciones y hacer buen uso de ellos. La empresa cuenta con dos técnicos electricistas para cubrir la demanda de instalaciones.
- Técnico de refrigeración: se asegura de que el equipo de refrigeración que instale se encuentre en buenas condiciones, que cada pieza se coloque correctamente y en el lugar apropiado, además supervisa el funcionamiento durante el período de prueba para asegurar la capacidad operativa del equipo instalado. La empresa cuenta con un técnico de refrigeración específico para instalaciones, pero dependiendo de la demanda asigna técnicos de refrigeración de mantenimiento a las instalaciones, asegurándose de capacitarlos para ello.

Aunque cada uno tiene sus propias funciones y responsabilidades, trabajan en conjunto para que el servicio de instalación sea óptimo y que se realice sin inconvenientes. Dependiendo del tipo y tamaño del proyecto, el jefe del departamento supervisa la instalación, además se encarga de validar la calidad y cantidades de los materiales que se envían para cada proyecto.

### **2.3.3. Personal de mantenimiento**

El personal de mantenimiento es un equipo conformado por técnicos de refrigeración, con amplia experiencia en mantenimientos preventivos y correctivos para equipos de aire acondicionado de diversas marcas, cuartos fríos de congelación y conservación, así como diferentes equipos de uso industrial.

La empresa cuenta con tres técnicos de refrigeración que se encargan de los servicios de mantenimiento, sin embargo, también colaboran con los servicios de instalación cuando se necesita, si la demanda de instalación es superior a la de mantenimientos. Debido a esta situación la empresa les proporciona capacitación a los técnicos de refrigeración respecto a la instalación de los equipos que diseña y comercializa, para que de esta forma tengan la capacidad de asistir en los servicios de instalación.

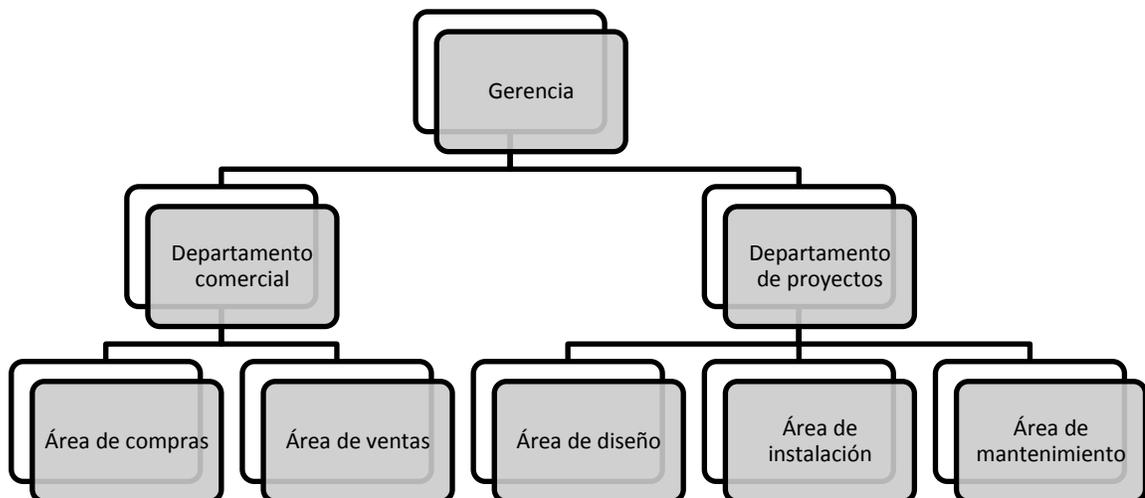
Por lo general, los técnicos de refrigeración trabajan en las instalaciones de los clientes de la empresa, por lo que es responsabilidad de los técnicos comportarse profesionalmente en dichas instalaciones, utilizar el equipo de protección que se proporciona, hacer uso correcto de las herramientas y equipos con los que cuentan, señalar adecuadamente el área de trabajo, trabajar de forma ordenada, dejar limpia el área de trabajo y optimizar el tiempo de cada mantenimiento, entre otros.

Cuando los equipos a los que se les da mantenimiento han sido instalados por la empresa, antes de atender el mantenimiento los técnicos deben revisar el historial del equipo para dar un mejor servicio. Si los equipos no han sido instalados por la empresa, es necesario realizar una inspección para realizar el diagnóstico antes de prestar el servicio.

#### 2.4. Interrelación de áreas

El buen funcionamiento de una empresa depende en gran medida de la capacidad que tengan sus áreas para relacionarse y trabajar conjuntamente para la consecución de los objetivos que se planteen. A lo largo de los años, Mantenimiento de Refrigeración S.A. es una empresa que ha buscado la colaboración de su personal para que las áreas que la conforman trabajen en equipo, cumpliendo cada uno con las funciones que se les haya asignado.

Figura 6. Organigrama general de la empresa



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la observación de la estructura organizacional que se realiza en la empresa, se elabora el organigrama que se presenta en la figura anterior, donde se puede observar que la empresa cuenta con una gerencia y dos departamentos seccionados en áreas funcionales. Como el Departamento de Proyectos ya ha sido descrito, a continuación se presenta la descripción de la Gerencia y las áreas del Departamento Comercial.

#### **2.4.1. Gerencia**

La gerencia es la que traza la dirección de la empresa, toma las decisiones más importantes en aspectos financieros, administrativos, operativos y comerciales, supervisa el buen funcionamiento de sus departamentos y ejerce liderazgo en todas las actividades de la empresa.

En la empresa las actividades del gerente se enfocan en la administración general de los recursos, autoriza los presupuestos y las cotizaciones, ocasionalmente supervisa los proyectos personalmente, analiza el comportamiento de las ventas, promueve las reuniones de equipo y gestiona las actividades de capacitación.

#### **2.4.2. Departamento Comercial**

Este departamento está conformado por dos áreas que son la de compras y la de ventas. El jefe de este departamento se encarga de todas las gestiones comerciales de la empresa, verifica el estado de las compras y ventas en gestión, presenta informes de venta y diagnósticos al gerente general, contribuye en la elaboración de cotizaciones y presupuestos para los proyectos.

El jefe del Departamento Comercial trabaja en conjunto con el jefe del Departamento de Proyectos, bajo la supervisión y con la aprobación del gerente general. Se encarga de supervisar todas las tareas de los encargados de su área, para asegurar el correcto funcionamiento de su departamento.

#### **2.4.2.1. Área de compras**

Esta área se encarga de solicitar las cotizaciones para todos los materiales, equipos y herramientas que la empresa necesite para ejecutar los servicios de diseño, instalación y mantenimiento de equipos de aire acondicionado y cuartos fríos, así como de la compra correspondiente de los mismos.

El encargado del área de compras es quien contacta a los proveedores para solicitar las cotizaciones e investiga a nuevos proveedores con base en la calidad y precio de los productos que ofrezcan, así como de las ventajas que puedan representar para la empresa encontrar nuevos proveedores y explorar nuevas alternativas. Presenta varias opciones de compra al jefe del departamento para que este a su vez presente la mejor opción al gerente, quien es quien da la autorización final de compra. Ya con la autorización gestiona la compra y las condiciones de entrega y pago con los proveedores.

Hasta el momento el área de compras de la empresa se considera bastante eficiente, ya que no se han registrado atrasos en los proyectos por falta de materiales, equipos o herramientas. Los costos por proyectos se mantienen y son competitivos, por lo que se considera que los proveedores con los que se ha trabajado hasta el momento son los adecuados y satisfacen las necesidades de la empresa.

#### **2.4.2.2. Área de ventas**

En esta área es donde se coordinan todas las actividades de ventas, se realizan pronósticos de venta, se promocionan los servicios y productos de la empresa, se atienden las solicitudes de clientes virtuales y se mantiene una constante búsqueda de nuevos clientes para lograr ampliar la cartera de clientes actual.

El encargado del área de ventas posee amplio conocimiento de los productos y servicios que ofrece la empresa y es quien contacta a los clientes para proporcionar las cotizaciones de los servicios y darle seguimiento a las ventas realizadas; verifica la satisfacción de cada cliente con los servicios adquiridos; monitorea las redes sociales y el correo electrónico de la empresa, dando respuesta eficiente bajo la supervisión del encargado del departamento cuando lo considera necesario, y trabaja en conjunto con las demás áreas, al solicitar información para la realización de las cotizaciones para clientes, basado en el presupuesto que se realice de los recursos a utilizar para cada proyecto.

En esta área se investiga el mercado para mantener competitividad en precios y servicios, se promueve la excelencia en atención al cliente y colabora con los departamentos para proporcionar el mejor servicio. Hasta el momento no se han presentado quejas de esta área, sin embargo, se considera que se puede mejorar el servicio elaborando una herramienta que facilite la información de los servicios a los clientes, ya que hasta el momento pasar la información vía telefónica puede absorber más tiempo si no se tiene material de apoyo.

## **2.5. Análisis de la gestión comercial**

Este análisis se centra en la presentación que se le ha dado, hasta el momento, a los productos y servicios que la empresa ofrece. En sus inicios la empresa centró sus ventas a través de visitas a clientes potenciales para exponer el tipo de servicios y productos con los que se trabaja. Gracias a la calidad, tanto de sus productos como de sus servicios, se ha logrado mantener a los clientes durante décadas, la promoción ha sido de boca en boca, ya que no se ha invertido en publicidad.

Aunque la gerencia sigue considerando innecesaria la publicidad, se estima que sí se podría invertir en herramientas informativas que faciliten la comprensión de los clientes respecto al funcionamiento y las capacidades operativas de los equipos. A continuación se recopila información sobre los productos y servicios que la empresa ofrece actualmente.

### **2.5.1. Productos**

Los principales productos que ofrece la empresa son: equipos de aire acondicionado, *chiller* y cuartos fríos, los cuales se utilizan en edificios de todo tipo, áreas de comercio, oficinas, residenciales, hospitales, fábricas, restaurantes, etc. Estos productos pueden ser diseñados e instalados de acuerdo a las necesidades de los clientes, así como a la disposición física del área donde se disponga utilizarlos. Un atractivo en la venta de estos productos, que ha funcionado a la empresa, es ofrecer el servicio de instalación y mantenimiento preventivo.

### 2.5.1.1. Aire acondicionado

Estos equipos permiten procesar el aire para adecuarlo a las condiciones deseadas o necesitadas para un fin determinado. Generalmente el equipo de aire acondicionado se instala para brindar un mayor confort y mejorar las condiciones ambientales de trabajo.

En la siguiente figura se muestran fotografías de la instalación de aire acondicionado que ha realizado la empresa y que ha subido a su página de Facebook.

Figura 7. **Instalación de aire acondicionado**



Fuente: *Aire acondicionado.*

<https://www.facebook.com/mantenimiento.refrigeracion.3?lst=100000137629212%3A100005055254611%3A1529421446>. Consulta: abril de 2018.

### 2.5.1.2. Chiller

Este es un equipo que permite enfriar un ambiente, utilizando los principios de refrigeración que se pueden observar en los equipos de aire acondicionado, modificando la temperatura del agua, aceite o cualquier otro fluido de acuerdo a las necesidades de uso. En los días en que se visitó la empresa no se instaló ningún *chiller*, así que la figura que se presenta a continuación únicamente es con fines ilustrativos de los equipos que se instalan.

Figura 8. Chiller



Fuente: *Chiller*.

[https://www.google.com.gt/search?biw=1366&bih=599&tbm=isch&sa=1&ei=VGQpW-q6O4v45gKE\\_ISQBQ&q=chiller&oq=chiller&gs\\_l=img.3..016j0i67k1j0l3.155797.155797.0.156081.1.1.0.0.0.281.281.2-1.1.0....0...1c.1.64.img..0.1.280....0.9-4DUdJKLWI#imgrc=5cvHJN2WS121JM:&spf=1529439472595](https://www.google.com.gt/search?biw=1366&bih=599&tbm=isch&sa=1&ei=VGQpW-q6O4v45gKE_ISQBQ&q=chiller&oq=chiller&gs_l=img.3..016j0i67k1j0l3.155797.155797.0.156081.1.1.0.0.0.281.281.2-1.1.0....0...1c.1.64.img..0.1.280....0.9-4DUdJKLWI#imgrc=5cvHJN2WS121JM:&spf=1529439472595). Consulta: abril de 2018.

### 2.5.1.3. Cuartos fríos

Los cuartos fríos tienen múltiples usos, pero particularmente son ampliamente utilizados en la industria del procesamiento y comercialización de alimentos y medicamentos que requieren controlar la temperatura en el ambiente en que son manipulados, para evitar que estos pierdan sus propiedades; también se usan en ambientes en los que se almacenan productos perecederos para conservar dichas propiedades.

Figura 9. **Instalación de cuartos fríos**



Fuente: *Cuartos fríos*.

<https://www.facebook.com/mantenimiento.refrigeracion.3?lst=100000137629212%3A100005055254611%3A1529421446>. Consulta: abril de 2018.

## **2.5.2. Servicios actuales**

Por lo general la empresa procura ofrecer los productos, en conjunto con el diseño, la instalación y el mantenimiento de los equipos de refrigeración, como medio para garantizar el óptimo funcionamiento del equipo que los clientes adquieran. Aunque también se da la opción de venderles solo el equipo, la mayoría de los clientes de la empresa contratan los tres servicios, o por lo menos el servicio de diseño e instalación. Cada uno de los servicios cuenta con personal propio calificado en el área en el que se desempeña, pero también trabajan conjuntamente en el desarrollo de los proyectos, apoyándose para ofrecer el mejor servicio posible a cada uno de los clientes de la empresa.

### **2.5.2.1. Diseño**

El servicio de diseño se ofrece para personalizar los equipos y lograr la capacidad deseada de acuerdo a las disposiciones físicas del área de instalación y las posibilidades económicas del cliente. Esto implica una visita de reconocimiento, para obtener información útil en la elaboración del diseño que principalmente se centra en:

- El equipo que se requiere
- Las dimensiones del área donde se ha de instalar el equipo
- La capacidad de enfriamiento deseada
- El tipo de producto, área o elemento a modificar
- Elementos adicionales deseados

Con base en la información anterior, se realizan los planos y los diagramas de trabajo que se presentan para las cotizaciones y el plan de trabajo que incluye el tipo y cantidad de recursos a utilizar.

### **2.5.2.2. Instalación**

Este servicio se ofrece al cliente para garantizar que su equipo sea instalado correctamente y funcione según lo esperado. Según información proporcionada por la empresa, el 90 % de los clientes que han reportado mal funcionamiento en los primeros meses de funcionamiento ha sido porque han sido instalados por ellos mismos y no lo han hecho de la forma correcta.

Con base en estas estadísticas, se logra convencer a los clientes que adquieran el servicio de instalación, el cual es realizado por personal calificado en las ramas de aplicación. Dependiendo del equipo que se va a instalar, por lo general se requiere de un técnico electricista y un técnico en refrigeración, pero también hay casos en los que se requiere obra civil y se cuenta con una persona que se encarga de ello. En algunos casos, dependiendo de la magnitud del proyecto, se subcontrata a personal como ayudantes de obra civil o asistentes técnicos, que garanticen una correcta instalación.

El jefe del Departamento de Proyectos se encarga de programar las instalaciones de acuerdo a las ventas realizadas y, con base en el diseño, solicita los materiales, equipos y recursos que requiera para llevar a cabo la instalación. Cuando ya se han realizado las compras, se cerciora de que todo cumpla con las especificaciones del diseño y se le hace entrega al equipo de instalación asignado, en conjunto con el plan de trabajo.

### **2.5.2.3. Mantenimiento**

El servicio de mantenimiento preventivo es solicitado por clientes que desean garantía de operación. Estos adquieren el paquete completo que

incluye el producto desde su diseño, la instalación y el mantenimiento del mismo.

Aunque en minoría, el servicio de mantenimiento preventivo también es solicitado para equipos que no han sido adquiridos con la empresa, ni instalados por ellos, por lo que se les visita para determinar las condiciones en las que se encuentra y realizar una ficha de control que permita programar los mantenimientos.

El mantenimiento correctivo es un servicio solicitado, tanto por clientes que han adquirido los productos y servicio de instalación en la empresa como por clientes que han adquirido sus productos y el servicio de instalación con otras empresas, pero que han acudido a Mantenimiento de Refrigeración S.A. por recomendación. Para poder proporcionar este servicio la empresa cuenta con técnicos de refrigeración altamente calificados y con gran experiencia en el ramo. Las cotizaciones y el seguimiento se dan en conjunto con el área de ventas, compras y con la autorización del jefe del departamento.

## **2.6. Análisis de la gestión de proyectos**

Centrados en las cinco actividades principales de la gestión de proyectos, se realiza un análisis que permita conocer las bases organizacionales empleadas por la empresa.

### **2.6.1. Planificación**

Este proceso está a cargo del jefe del Departamento de Proyectos y consiste en establecer los objetivos para el departamento, las metas para cada proyecto y los recursos disponibles para ello. El departamento cuenta con un

plan de trabajo anual, sin embargo, también se elabora un plan de trabajo por proyecto y un plan de trabajo semanal para los servicios de mantenimiento que incluye los mantenimientos preventivos y correctivos que pueden ser agendados, el cual sufre modificaciones diarias de acuerdo a los servicios que se soliciten cada día. Estos planes de trabajo deben ser revisados y autorizados por el gerente general y el jefe del departamento debe mantenerlo informado respecto a los avances de cada plan.

### **2.6.2. Organización**

El proceso de organización también está a cargo del jefe del Departamento de Proyectos, consiste en destinar el trabajo, la autoridad y los recursos entre las tres áreas que conforman el departamento, de la mejor manera para lograr alcanzar los objetivos y metas planteadas. En la empresa se distinguen tres niveles de jerarquía, que son: el nivel organizacional, máxima jerarquía; el nivel departamental, jerarquía media; y nivel operativo.

A nivel organizacional el gerente general es quien tiene el poder de decisión final, mientras que a nivel departamental el jefe es quien toma las decisiones inmediatas; a nivel operativo, en cambio, el elemento de mayor antigüedad en un ámbito común es quien lidera las actividades e informa al jefe inmediato.

### **2.6.3. Coordinación**

La coordinación de las actividades dentro del Departamento de Proyectos se da de la siguiente manera:

- El técnico de diseño tiene autonomía para coordinar sus actividades con base en los proyectos que ingresen, teniendo en consideración el tiempo promedio estimado para ello, a sabiendas de que el diseño final debe contar con la autorización del jefe del departamento y el gerente general según sea el caso.
- En el área de instalación el encargado de obra civil tiene la autonomía para coordinar las actividades de obra civil, siempre que cumpla con los tiempos esperados para cumplimiento del proyecto.
- En las instalaciones eléctricas el técnico de mayor antigüedad es el que tiene el liderazgo en la coordinación de actividades.
- Como para instalación se tiene un solo técnico de refrigeración de planta, este coordina las actividades en el proyecto cuando se le asignan otros técnicos.
- En las actividades de mantenimiento los técnicos trabajan de forma individual, por lo que coordinan sus actividades de acuerdo al tiempo esperado por mantenimiento preventivo y deben informar respecto al tiempo estimado para mantenimientos correctivos con base en el diagnóstico de la revisión inicial.

#### **2.6.4. Dirección**

La dirección de las actividades dentro del Departamento de Proyectos está a cargo del jefe del departamento, sin embargo, los integrantes de cada área se encargan de impulsar el cumplimiento de las metas planteadas de forma autónoma. Es decir, cumplen responsablemente con las tareas asignadas, sin

necesidad de estar bajo constante supervisión, lo cual es una de las cualidades más interesantes del personal de esta empresa.

#### **2.6.5. Control**

El control en este departamento consiste en la medición de los resultados en cada proyecto, en cuanto al rendimiento de los recursos como el tiempo, materiales, costos, etc.

Este control está a cargo del jefe del departamento. Cada área reporta los resultados de su trabajo al jefe del departamento diariamente, quien a su vez elabora un informe de resultados al gerente general por proyecto o mensualmente según sea el caso, también informa de los avances de cada proyecto, según las requisiciones del gerente o el tamaño del proyecto que se esté llevando a cabo.

Tanto los parámetros operativos como los físicos son evaluados al finalizar todos los proyectos de instalación. Al solicitar datos a la empresa se puede verificar el porcentaje de cumplimiento de dichos parámetros, todos estos se integran en la siguiente tabla:

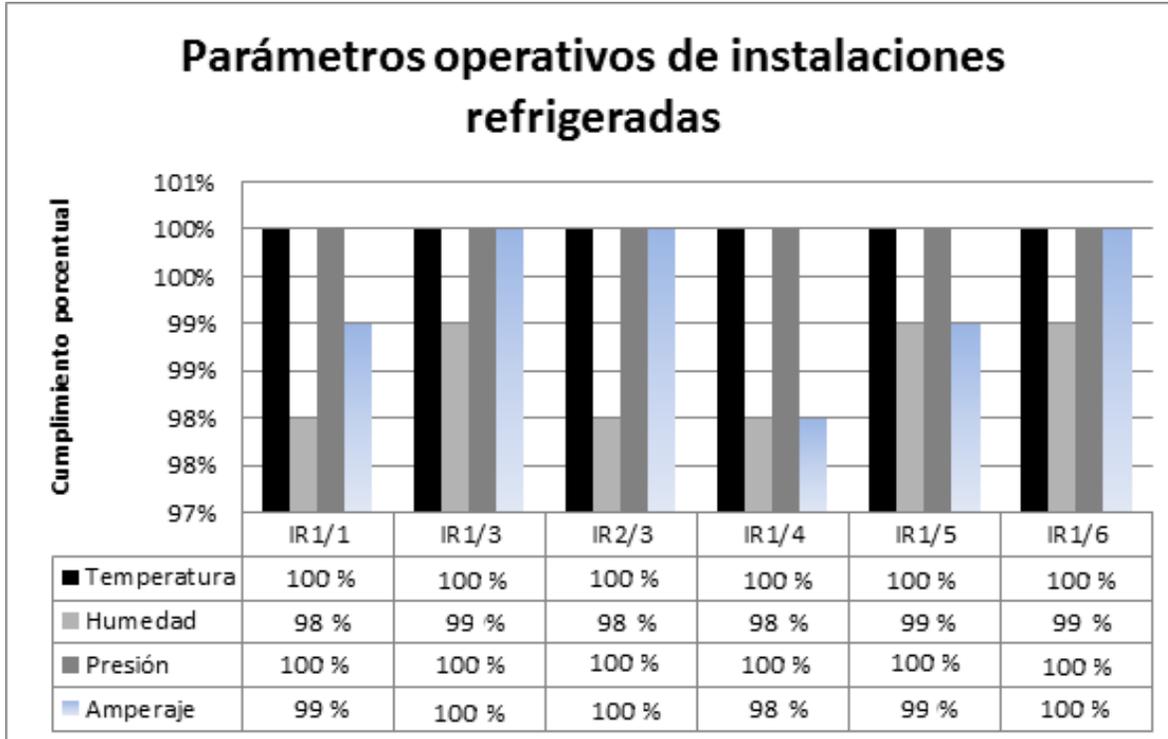
Tabla I. **Cumplimiento porcentual de parámetros**

Parámetro operativo						
Instalación	IR1/1	IR1/3	IR2/3	IR1/4	IR1/5	IR1/6
Temperatura	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Humedad	98 %	99 %	98 %	98 %	99 %	99 %
Presión	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Amperaje	99 %	100 %	100 %	98 %	99 %	100 %
Parámetro físico						
Piso	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Paredes	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Techo	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Puerta	100 %	95 %	95 %	100 %	95 %	100 %

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los datos anteriores, en la siguiente figura se muestra el cumplimiento porcentual de los parámetros operativos que se identifica en las instalaciones refrigeradas que se llevaron a cabo durante un semestre. En esta se hace evidente que tanto la temperatura como la presión deseada en dichas instalaciones cumplen al 100 %; también se evidencia una variación en la humedad y en el amperaje, sin embargo, ambas se mantienen dentro del límite permitido.

Figura 10. Comparación de cumplimiento de parámetros



Fuente: elaboración propia.

La producción por proyectos que se maneja en la empresa da oportunidad de personalizar los productos, sin embargo, es lo que hace difícil establecer un estándar para tiempos y costos.

## 2.7. Análisis operativo del Departamento de Proyectos

Este análisis se elabora con el fin de conocer cómo funciona el Departamento de Proyectos, con base en los procesos que se desarrollan en este y la asignación y aprovechamiento de los recursos que se requieran para la elaboración de proyectos.

### **2.7.1. Descripción de funciones**

A continuación se describen brevemente las funciones de cada área que conforma el Departamento de Proyectos:

- Área de diseño: su función principal es elaborar un diseño de cada equipo que solicite un cliente, con base en sus necesidades, disposiciones y condiciones, así como diagramar los planes de trabajo.
- Área de instalación: su función principal es la de instalar los equipos diseñados o vendidos por la empresa, de acuerdo a las especificaciones del diseño y el diagrama de trabajo.
- Área de mantenimiento: su función principal es la de proporcionar mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos de los clientes de la empresa que lo soliciten.

### **2.7.2. Proceso de diseño**

El técnico de diseño se encarga de realizar los planos y diagramas de trabajo, siendo el proceso de diseño de la siguiente manera:

- El área de ventas informa al jefe de Departamento de Proyectos la requisición del cliente.
- El jefe del departamento realiza visita de reconocimiento y pasa la información al técnico de diseño.

- El técnico realiza el diseño preliminar y solicita la aprobación del jefe del departamento.
- El jefe de departamento revisa el diseño, agrega los cambios que considera pertinentes y elabora el listado de recursos a utilizar.
- Si hay cambios en el diseño, el jefe de departamento lo regresa al técnico de diseño para que elabore nuevamente el diseño.
- El técnico agrega los cambios y presenta el nuevo diseño para aprobación final, el cual se le da al jefe de departamento, quien ya con el plan de trabajo y las cotizaciones lo presenta al gerente para aprobación antes de enviar la cotización al cliente.

### **2.7.3. Proceso de instalación**

El proceso de instalación requiere la interacción de varias de las áreas de la empresa, el cual es descrito a continuación:

- Al momento en que el cliente solicita el servicio de instalación, el departamento de ventas informa al jefe del Departamento de Proyectos, quien se encarga de solicitar al encargado de compras, los materiales, equipos y herramientas que necesite.
- El jefe de departamento hace la planificación del proyecto de instalación, asignando los recursos materiales y la mano de obra que considere necesario dependiendo del equipo a instalar.

- Al recibir los materiales, el jefe de departamento y su equipo revisan que los materiales, herramientas y equipo estén en las condiciones y cantidades correctas, asignando la unidad de transporte adecuada para ello.
- Los técnicos de refrigeración, técnicos electricistas y el encargado de obra civil, según sea el caso, llegan al lugar de la instalación y marcan un perímetro de trabajo. Cada uno de ellos lleva a cabo sus tareas según el plan de trabajo, el cual se coordina para que las actividades se realicen simultáneamente.
- Al finalizar las actividades de cada uno, lo reportan al jefe del departamento y antes de retirarse dejan el área limpia.
- En las instalaciones se tiene un período de prueba, en el cual se asigna a una persona, de acuerdo a la disposición y actividades programadas, para que realice la inspección de funcionamiento, al finalizar el período de prueba se solicita el visto bueno del cliente o su representante para archivo.

#### **2.7.4. Proceso de mantenimiento**

El proceso para realizar el servicio de mantenimiento se divide en dos y se presenta a continuación:

- Para mantenimientos preventivos se estudia el historial de mantenimientos y el técnico lleva su equipo básico para realizar una inspección general.

- Al llegar al lugar donde se lleva a cabo el mantenimiento se marca un perímetro de trabajo y se procede a realizar la inspección general que varía según el equipo al cual se le esté dando el mantenimiento pero que se encuentra establecido en el plan de trabajo.
- Si al realizar la inspección percibe anomalías que requieran mantenimiento correctivo, lo informa al jefe de departamento para que contacte al cliente y apruebe el trabajo.
- Si al realizar la inspección no hay anomalías, procede a limpiar el equipo y el área antes de retirarse.
- Si se hace mantenimiento correctivo, informa al jefe de departamento de los materiales o repuestos a utilizar para que sean adquiridos y enviados al lugar del mantenimiento o se programa una nueva visita según las circunstancias que se presenten.
- Después de realizar los mantenimientos correctivos, se procede a limpiar el equipo y el área, se controla el funcionamiento durante un período de prueba establecido, que por lo general no excede de una hora, antes de retirarse debe solicitar el visto bueno del cliente o de su representante.

#### **2.7.5. Asignación de recursos**

La asignación de recursos es responsabilidad del jefe del Departamento de Proyectos, la cual varía conforme a los trabajos a realizar, no solo en cuanto al tipo de equipo, sino en cuanto al tamaño o capacidad del mismo en el caso de las instalaciones.

En el caso de los mantenimientos, la asignación de recursos puede variar dependiendo de si se encuentran anomalías que requieran ajuste o cambio de piezas, adquisición de repuestos, torno, etc.

## **2.8. Diagnóstico general**

De acuerdo a las observaciones realizadas, en los diferentes tipos de servicios que ofrece la empresa y de su funcionamiento en general se pueden detectar muy pocas necesidades, las cuales pueden o no ser atendidas conforme a su disposición o priorización. Un punto a destacar como parte del diagnóstico general es la responsabilidad laboral de los empleados de esta empresa y la conciencia en desempeño, lo cual muy pocas empresas logran.

### **2.8.1. Necesidades de diseño**

En el área de diseño, aunque el técnico es muy eficiente, se identifica la necesidad de investigar nuevas tecnologías para la elaboración de planos y la actualización de programas para la diagramación que pueden agilizar el proceso de diseño.

### **2.8.2. Necesidades de instalación**

En el área de instalación se identifica la necesidad de cambiar el equipo de protección individual por desgaste. La capacidad organizativa de cada área es muy buena, por lo que puede ser necesario una charla motivacional o una reunión de reconocimiento al buen desempeño, que inste a los trabajadores a continuar con sus buenas labores.

### **2.8.3. Necesidades de control**

De acuerdo a la distribución racionada de los recursos de la empresa y al uso consciente de los mismos, se considera que no hay necesidad de establecer medidas de control para la optimización de recursos. Pero sí se pueden establecer parámetros de control para medir la eficiencia en los procesos.

### **3. PROPUESTA PARA DISEÑAR E INSTALAR UNA BODEGA REFRIGERADA**

La empresa Mantenimiento de Refrigeración S.A. considera necesario crear un modelo para el diseño y la instalación de bodegas refrigeradas específico para el almacenamiento de productos cárnicos. La propuesta inicia con el estudio de las necesidades de diseño, tomando en consideración las especificaciones técnicas que determinan su capacidad, también se toma en cuenta el diseño estructural que le da solidez a la bodega refrigerada, se analiza el tipo de aislamiento y equipamiento adecuado para que la bodega cumpla con su objetivo.

También se establece algunas condiciones que se deben conocer para la instalación eléctrica requerida en este tipo de bodega, así como la ingeniería de los materiales que influye en la selección de los materiales que forman parte de la bodega refrigerada propuesta.

#### **3.1. Diseño de bodega refrigerada**

Cuando se crea un diseño de bodega refrigerada es necesario adquirir toda la información relacionada a las necesidades que debe satisfacer y los recursos de los cuales se puede disponer para lograr llevar a cabo la instalación. Esto permite establecer todos los aspectos a considerar en cuanto a dimensiones, capacidad requerida y el tipo de equipos que han de conformar el sistema de refrigeración.

Como primera instancia se define la función del diseño, para luego establecer los elementos que se han de integrar en el mismo, esto con el objetivo de analizar los datos que sirven de base para la funcionalidad y operatividad del sistema. Dicho en otras palabras, se describe cuál será la función de la bodega refrigerada y todos los elementos que la conforman.

### **3.1.1. Función del diseño**

La empresa Mantenimiento de Refrigeración S.A. busca ampliar su cartera de clientes a través del diseño y la instalación de una bodega refrigerada que sirva como modelo para poderlo promocionar en la industria de productos cárnicos, de tal forma que se pueda materializar una alternativa atractiva para el almacenamiento de este tipo de productos.

Conforme a las necesidades de la empresa, la bodega refrigerada se diseña con el objetivo de crear una opción para el almacenamiento de productos cárnicos que atraiga a los clientes potenciales de la empresa que pertenecen a esta industria. Como parte del diseño es necesario establecer un tamaño y capacidad estándar que pueda utilizarse tanto en empresas productoras como en empresas procesadoras y comercializadoras de productos cárnicos.

Todos los materiales y equipos que se utilicen para la bodega refrigerada deben ser de buena calidad, eficientes, de fácil operación, bajo mantenimiento y obtenerse a buen precio. De esta forma se logra que los costos de instalación, operación y mantenimiento sean accesibles, para que así la inversión sea rentable.

### **3.1.2. Elementos del diseño**

En el diseño de una bodega refrigerada para el almacenamiento de productos cárnicos los principales elementos a considerar son:

- Estructura: se establecen las dimensiones deseadas con base en la capacidad de almacenamiento requerido, así como el tipo de piso, paredes y techo convenientes para la función que deben desempeñar.
- Aislamiento: se analizan los diferentes tipos de aislamiento que se tienen disponibles y se hace la selección del que se considere más adecuado para la bodega.
- Equipamiento: se estudian las necesidades de refrigeración para poder seleccionar adecuadamente el compresor, condensador, evaporador y válvula de expansión.
- Sistema eléctrico: se definen las necesidades de energía eléctrica para el funcionamiento de la bodega refrigerada, mismas que permitan seleccionar los componentes eléctricos adecuados.
- Materiales: de acuerdo a todos los elementos que integran la bodega refrigerada, también es necesario establecer el tipo de materiales que se han de utilizar en la obra civil, plomería, conexiones eléctricas y aislamientos.

Cada uno de los elementos que forman parte del diseño cumplen una función, siendo importante analizar las propiedades y características que poseen, así como su aporte a la eficiencia de la bodega refrigerada.

### **3.2. Especificaciones técnicas**

El diseño no puede realizarse sin tener definidas las especificaciones técnicas base para que una bodega refrigerada funcione adecuadamente, incluyendo los principios de refrigeración que se deben cumplir para que el sistema funcione, la capacidad de almacenamiento y la capacidad de enfriamiento que debe poseer.

Las especificaciones técnicas de cada bodega refrigerada pueden variar en cuanto a la carga de refrigeración en el sistema, los materiales que se utilicen interna o externamente, las dimensiones, el tipo de estanterías o elementos de almacenamiento y las características de los productos que se piensa almacenar.

La persona encargada de realizar el diseño ha de buscar la mejor manera de recopilar toda la información que le permita integrar, en la bodega refrigerada, cada una de las especificaciones técnicas a cumplir. También hay que tomar en consideración que la empresa busca que el modelo sea funcional y accesible económicamente, para que así sea más atractiva la inversión para los clientes, de tal forma que se tenga la máxima capacidad en cuanto a espacio y refrigeración, al mejor precio.

Por lo tanto las especificaciones técnicas se centran en la función de cada uno de los componentes de la bodega refrigerada, para que el sistema adquiera la capacidad de proporcionar las condiciones ambientales que los productos cárnicos requieren para su almacenamiento en el espacio físico asignado para ello.

### **3.2.1. Principios de refrigeración**

Una bodega refrigerada, sin importar su capacidad de enfriamiento y de almacenamiento, cumple con los siguientes tres principios de refrigeración dentro del sistema:

- La transferencia de calor se produce de la temperatura más alta a la más baja, tal como sucede en el condensador, que transfiere el calor del refrigerante hacia un medio de enfriamiento que puede ser agua o simplemente el aire exterior.
- El proceso de transformación de estado líquido a estado gaseoso absorbe calor, mientras que el proceso de transformación de estado gaseoso a estado líquido cede calor. En el sistema, esto se cumple en el evaporador que absorbe el calor y en el condensador que cede el calor.
- La presión y la temperatura dentro de un sistema están directamente relacionados. La válvula de expansión en el sistema permite expandir el refrigerante de líquido subenfriado, a una temperatura y presión determinada de acuerdo al tipo de refrigerante utilizado, hasta un líquido a temperatura y presión más bajas, mientras que el compresor absorbe el refrigerante que se encuentra en un estado de gas caliente, a determinada temperatura y presión, para comprimirlo y transformarlo en gas sobrecalentado a una presión y temperatura más altas.

De acuerdo a los principios básicos de refrigeración, la bodega refrigerada para el almacenamiento de productos cárnicos debe poseer: un compresor, un condensador, una válvula de expansión y un evaporador.

### **3.2.2. Capacidad de almacenamiento**

En una bodega refrigerada la capacidad del almacenamiento puede ser diseñada de acuerdo al espacio físico que se tenga disponible en la empresa donde se va a instalar, la cantidad de producto que se desea almacenar y la forma en que se desea distribuir el producto dentro de la bodega, por lo que pueden darse las siguientes situaciones:

- Poco espacio, mucho producto: el diseño contempla las dimensiones de la bodega, sugiriendo elementos de almacenamiento que permitan aprovechar el espacio horizontal y vertical, analizando la capacidad de carga que el piso puede soportar, así como el tipo de producto, su empaque y la forma en que se ha de almacenar.
- Mucho espacio, poco producto: el diseño contempla la distribución óptima de los elementos de almacenamiento para que el producto se mantenga en las mejores condiciones de refrigeración y permite un buen espacio para movilización. Sin embargo, no es aconsejable instalar bodegas grandes para almacenar poco producto, a no ser que se contemple una expansión, es decir, que a corto o mediano plazo se espera incrementar la cantidad de producto a almacenar para que los costos no se eleven.
- Espacio y producto justo: aunque el diseño contemple una distribución óptima, la movilización en muchos casos es limitada. Es decir que cada vez que se almacene producto se debe sacar el que ya esté almacenado, para que el producto de nuevo ingreso quede atrás. Esto se debe a que el producto se trabaja bajo inventario PEPS.

Como se busca diseñar un modelo estándar que sea funcional para producir, procesar y comercializar productos cárnicos, se establecen las siguientes especificaciones de almacenamiento:

- Disponibilidad de espacio: la empresa tiene disponible un espacio para la instalación de 5 metros de ancho por nueve metros de fondo, sin limitación para la altura, ya que es un terreno despejado.
- Capacidad en producto: se establece que en promedio se desea almacenar de 40 000 lb a 60 000 lb de producto cárnico.
- Elementos de almacenamiento: se considera idealmente utilizar tarimas de 1 m de ancho por 1 m de largo y 10 cm de altura, que posean capacidad de carga dinámica de 3 400 lb, capacidad de carga estática de 4 000 lb y capacidad de carga en estante de 2 200 lb. Por lo tanto el mínimo de carga por tarima sería de 2 200 lb mientras que el máximo de 4 000 lb.

### **3.2.3. Capacidad de enfriamiento**

De acuerdo a la capacidad de almacenamiento requerida se determinan las siguientes especificaciones para la capacidad de enfriamiento:

- Las carnes crudas se conservan a temperatura de refrigeración menor o igual a 4 °C. Por tiempos más prolongados es mejor la congelación de estos productos a una temperatura estimada de -18 °C.
- El sistema debe ser capaz de mantener refrigeradas hasta 60 000 lb de producto cárnico.

Algunas características de los productos cárnicos que se deben considerar al ser refrigerados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla II. **Características de productos cárnicos**

PRODUCTO	Temperatura promedio de congelación (°F)	Porcentaje de agua	Calor específico BTU/lb (°F)		Calor latente de fusión BTU/lb
			Sobre punto de congelación	Bajo punto de congelación	
Carne de ave fresca	27	74	0,79	0,37	106
Carne de ave congelada	27	74	0,79	0,37	106
Carne cortada o retazo	29	65	0,72	0,40	95
Carne de cordero	29	58	0,67	0,30	83,5
Carne de marrano	28	60	0,68	0,38	86,5
Carne de res grasosa	28		0,60	0,35	79
Carne de res magra	29	68	0,77	0,40	100
Carne de res salada			0,75		
Carne de res seca		5-15	0,22-0,34	0,19-0,26	jul-22
Carne de ternera	29	63	0,71	0,39	91
Chorizos	26	65,5	0,89	0,56	93
Embutidos			0,60		
Jamones y lomos	27	60	0,68	0,38	86,5
Salchichas ahumadas	25	60	0,86	0,56	86
Salchichas frescas	26	65	0,89	0,56	93
Tocino		20	0,50	0,30	29

Fuente: elaboración propia.

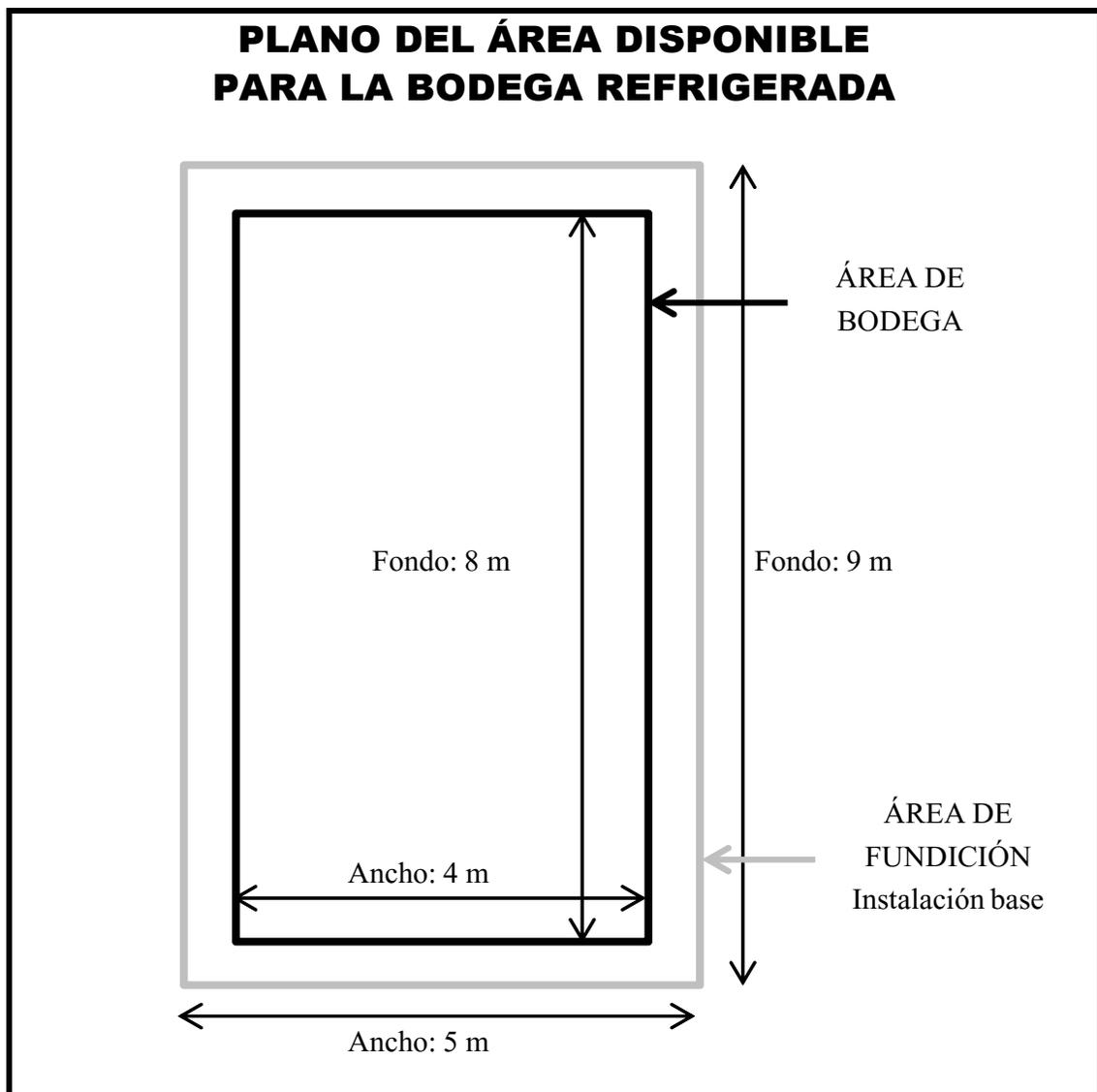
### 3.3. Diseño estructural

Las características estructurales de la bodega refrigerada tomadas en cuenta en el diseño son: las dimensiones del área disponible para la instalación de la bodega, la base sobre la cual se ha de instalar, así como las paredes y techos que le conforman.

### 3.3.1. Dimensionamiento

El lugar disponible para la instalación permite diseñar una bodega de cuatro metros de ancho por ocho metros de fondo y tres metros de alto.

Figura 11. Área disponible para la bodega refrigerada



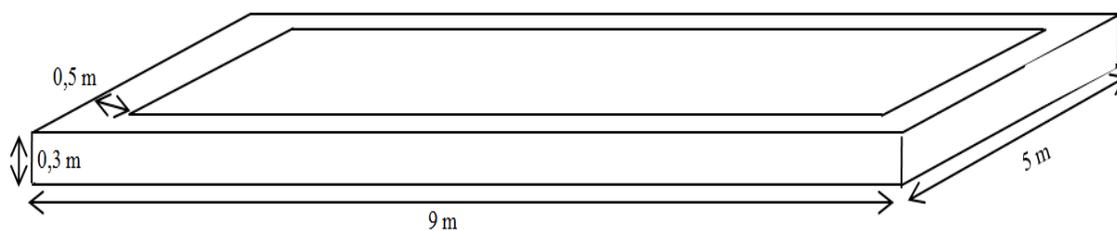
Fuente: elaboración propia.

En el plano anterior se puede observar la delimitación de un área de fundición, que es lo que conformará la instalación base, sobre la cual se instalan las paredes y el techo.

### 3.3.2. Instalaciones base

El área utilizada para las instalaciones base se determina agregando medio metro más de cada lado del área de la bodega refrigerada, tal como se muestra en la siguiente figura, quedando un área de cinco metros de ancho por nueve metros de fondo, y se estima un grosor de 0,3 metros que incluye la fundición.

Figura 12. Dimensiones de las instalaciones base



Fuente: elaboración propia.

Las instalaciones base son trabajo de obra civil, las especificaciones de diseño indican la cantidad de materiales que se han de utilizar, así como las dimensiones del área a despejar y fundir. La fundición de cimientos, zapatas y soleras, puede variar debido al tráfico pesado al que estarán expuestos, cada uno de estos es descrito a continuación, tomando en cuenta las disposiciones generales que el diseño ha tomado en cuenta.

### 3.3.2.1. Cimientos

En obra civil los cimientos constituyen la base que sustenta una construcción, este proceso es muy importante, ya que de esto depende el peso que puede soportar. Para los cimientos de la bodega refrigerada se tienen estimados los siguientes recursos:

- **Recurso humano:** se requieren dos personas para el despeje de área y la instalación del electropanel, así como una persona que se encargue de la supervisión, tanto de la instalación del electropanel como de la fundición.
- **Tiempo:** para los cimientos se tiene un tiempo estimado de uno a dos días máximo y la variación se debe al despeje de área. El despeje de área puede tener una duración de un día, sin embargo hay áreas que no requieren de mucho trabajo y puede durar un par de horas. La instalación de electropanel puede tardar de 5 a 8 horas.
- **Materiales:** se necesitan quince planchas de electropanel de 2,95 metros cada una para cubrir los cuarenta y cinco metros cuadrados que conforman el área de fundición.

El electropanel es una base que conforma la estructura del piso, consiste en mallas electrosoldadas y unidas entre sí por un refuerzo tipo escalerilla que forma una estructura tridimensional de varillas de acero. Su núcleo es de poliestireno expandido recubierto con un mortero de arena y cemento que proporciona excelentes propiedades estructurales, térmicas y acústicas. Es de fácil instalación, aunque el ajuste por el dimensionamiento del área puede ser un poco tardado, si no se cuenta con la capacitación y herramientas adecuadas.

Se elige trabajar con electropanel por sus propiedades y porque reduce la cantidad de tiempo a invertir en la instalación, disminuyendo también el costo de instalación.

### **3.3.2.2. Zapatas**

En obra civil estos son elementos estructurales que sirven de cimentación para pilares o muros en una construcción, dándole mayor soporte. Hay distintos tipos de zapatas, de acuerdo a sus características de armado y los materiales que se utilicen en ellas.

Principalmente se identifican tres tipos de zapatas que pueden utilizarse en la construcción de bodegas refrigeradas:

- Zapata maciza: puede someterse a esfuerzos de compresión, no necesita ir armada y es comúnmente utilizada en cimentaciones continuas.
- Zapata rígida: puede ser sometida a esfuerzos de compresión, se arma con una carga de hierro, puede utilizarse en cimentaciones continuas o aisladas.
- Zapata flexible: puede ser sometida a esfuerzos de compresión y esfuerzos de tracción, la armadura depende del terreno y la carga que soporta el cimiento.

Específicamente para el diseño de la bodega refrigerada modelo no se considera necesario la instalación de zapatas, ya que estas se instalan cuando el peso a soportar excede las 4 000 libras por tarima.

### **3.3.2.3. Soleras**

Una solera es el revestimiento del suelo por medio de una capa de concreto que, dependiendo de la carga a la que se exponga, puede tener un espesor entre diez a veinte centímetros, el cual se coloca sobre un enchachado de piedra que puede ser reforzado con la instalación de una malla de hierro u otro material.

Hay empresas que deciden dejar el revestimiento rustico, mientras que otras prefieren pulirlo y darle un mejor acabado. Como el grosor varía en función de la carga que soporta, si no se calcula bien el peso que han de soportar se pueden producir grietas, disminuyendo su vida útil.

En el diseño de la bodega refrigerada este revestimiento tiene un grosor total de treinta centímetros y está reforzado con electropaneles previamente instalados. De acuerdo al área a cubrir, para la fundición de la solera se requiere de 13,5 m<sup>3</sup> de concreto. Un aspecto a mencionar para este punto es que las fundiciones son servicios subcontratados por decisión de la empresa.

### **3.3.3. Levantamiento de paredes**

Este es un proceso por medio del cual se secciona un área, aislándola de su entorno con un fin específico. En una construcción de una empresa, por ejemplo, se levantan paredes para delimitar las oficinas, las áreas de producción, de empaque, de mezclas, etc. En el diseño, el levantamiento de paredes requiere de los siguientes recursos:

- **Recurso humano:** se requieren dos personas para ensamble de paneles, la instalación de las angulares y la aplicación de selladores, y una persona para supervisión de la instalación.
- **Tiempo:** se estima que para el levantamiento de paredes se requiere entre ocho a doce horas.
- **Materiales:** panel para aislamiento de paredes con núcleo de poliuretano expandido de alta densidad con espesor de cuatro pulgadas, ambas caras cubiertas con lámina de acero galvanizado prepintado. Para las esquinas se utilizan angulares de aluminio y se sella con espuma de poliuretano.

El levantamiento de paredes inicia marcando sobre la solera el área limitante donde se ha de instalar las paredes, realizando las medidas correspondientes. Con el área marcada se inicia el acople de paneles de un lateral primero, luego el fondo, el siguiente lateral y por último se acoplan los paneles del frente donde se ha de instalar la puerta.

Las personas que realicen el levantamiento de paredes deben estar capacitadas para trabajar el acoplamiento de paneles, para que estos queden bien ajustados. Es recomendable que los angulares se lleven cortados a la medida para facilitar el ensamble, aunque también puede realizarse el corte en el lugar con la herramienta adecuada.

#### **3.3.4. Instalación de techo**

Para la instalación del techo de la bodega refrigerada se requieren los mismos recursos que para el levantamiento de paredes:

- **Recurso humano:** se necesita de dos personas para ensamble de paneles, la instalación de las angulares y la aplicación de selladores, así como una persona para supervisión de la instalación.
- **Tiempo:** se estima que para la instalación del techo se requiere entre ocho a doce horas.
- **Materiales:** panel para aislamiento de techos con núcleo de poliuretano expandido de alta densidad con espesor de cuatro pulgadas, ambas caras cubiertas con lámina de acero galvanizado prepintado, sistema modular fácil de movilizar. Para las esquinas se utilizan angulares de aluminio y se sella con espuma de poliuretano.
- **Equipo adicional:** escaleras de aluminio reforzado de doble hoja, sierra para corte de aluminio, alicates, pistola para la aplicación de la espuma selladora.

Los paneles ofrecen un óptimo aislamiento térmico y permiten garantizar la ausencia de puentes térmicos siempre que sea instalado adecuadamente. Sus terminaciones permiten el acople perfecto para facilitar la instalación, sin embargo es necesario que las personas que lleven a cabo la instalación estén debidamente capacitadas.

### **3.4. Aislamiento**

Debido a que la principal función de la bodega refrigerada es proporcionarle a los productos cárnicos las condiciones ambientales adecuadas para su almacenamiento, es necesario contar con un aislamiento que complemente el sistema de refrigeración que se ha diseñado, proporcionándole

la hermeticidad que se requiere. Dicho en otras palabras, el interés de obtener eficacia en el aislamiento es debido a que influye sobre las condiciones ambientales internas de la bodega refrigerada, tales como la temperatura y la humedad relativa.

Para el aislamiento de bodegas refrigeradas se puede utilizar materiales como el poliestireno, poliuretano y material fenólico. Todos estos aislantes se pueden instalar con retardador apropiado de vapor y darle un mejor acabado con materiales para que les proporcionen protección contra incendios u otras cualidades dependiendo el uso que se haga de la bodega.

Hay diferentes tipos de aislamiento, algunos son adecuados para calor, otros para frío, hay unos aislamientos que son inflamables o que pueden reaccionar ante la presencia de otros materiales en el ambiente. Para elegir el adecuado se toma en cuenta el tipo de producto a almacenar, las condiciones ambientales en las que se ha de utilizar, la probabilidad de contacto con los productos, etc. Es por esta razón que se considera necesario describir los diferentes tipos de aislamiento que se trabajan específicamente para espacios refrigerados y las razones por las cuales se elige uno en específico.

#### **3.4.1. Tipos de aislamiento**

Entre los diferentes tipos de aislamiento que se pueden utilizar en la industria de la refrigeración se tienen los siguientes:

- Aislamiento rígido, tales como las placas de espuma de poliisocianurato expandido de alta densidad, recubierto en ambas caras con polietileno, puede usarse para suelos, muros y cubiertas.

- Aislamiento de paneles, de diferentes materiales tales como el poliuretano, los paneles pueden acoplarse entre sí y son excelentes para paredes y techos.
- Espuma en el lugar del aislamiento, aislante flexible para temperaturas de trabajo que varían entre los  $-196^{\circ}\text{C}$  hasta  $+100^{\circ}\text{C}$ , especiales para sellar acoples, esquinas o recubrir áreas completas donde se requiera aislamiento térmico.
- Paneles de aislamiento de concreto prefabricado, estos se utilizan principalmente para pisos, ya que proveen una combinación perfecta entre aislamiento térmico y tolerancia a la acción de cargas.

Algo importante a destacar es que la persona encargada del diseño debe conocer todas las características favorables y desfavorables de cada aislante, así como todas las condiciones bajo las cuales se instalarán y permanecerán, para escoger el que provea las condiciones aislantes que requiera el elemento de refrigeración en la cual se esté trabajando.

### **3.4.2. Aislamiento seleccionado**

Los productos cárnicos requieren que las instalaciones de la bodega refrigerada permanezcan a una temperatura y humedad relativa que oscile entre un rango constante de forma controlada y que esté libre de contaminantes. Para alcanzar una mejor eficiencia en el aislamiento se elige trabajar con electropaneles y solera de concreto que da el aislamiento térmico adecuado en el piso. En las paredes y techo se instalan paneles con núcleo de poliuretano que además se sellan con espuma de poliuretano en los bordes para reforzar el aislamiento de todo el cascarón de la bodega.

Cada uno de los elementos seleccionados provee las condiciones de aislamiento que se requieren dentro de la bodega refrigerada, no solo para que los equipos de refrigeración funcionen correctamente, sino para que no ingresen elementos contaminantes al ambiente.

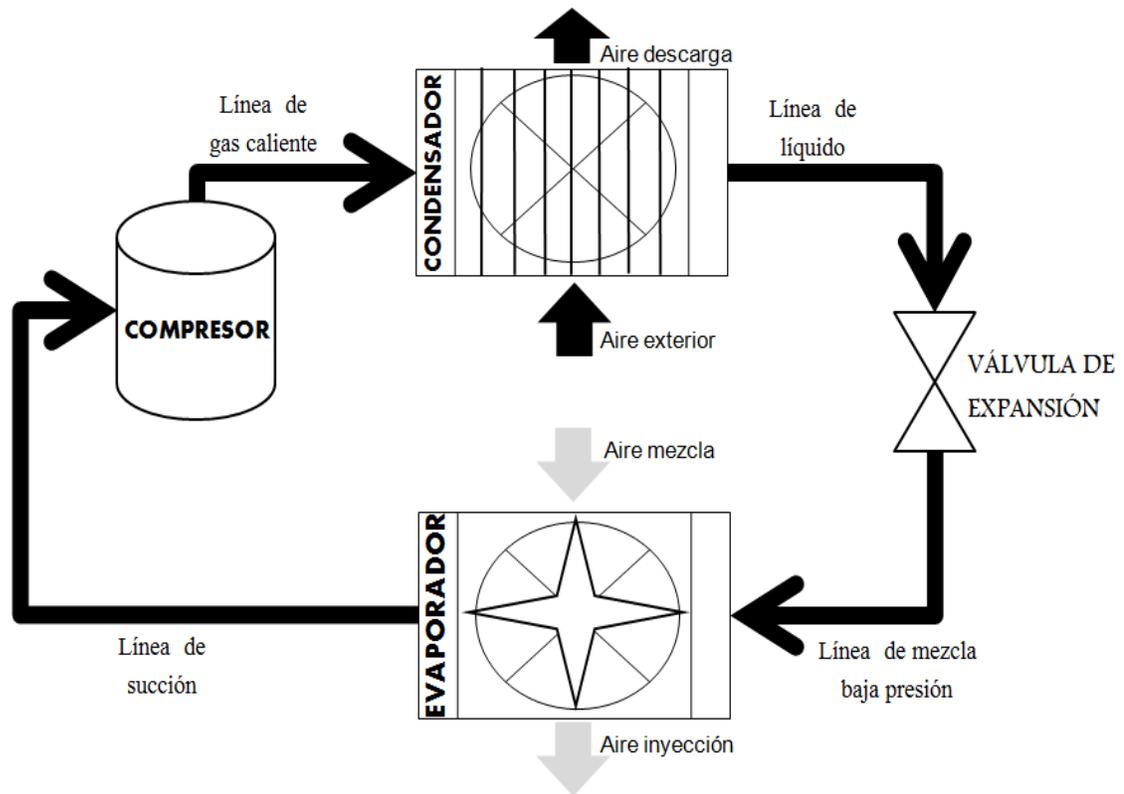
### **3.5. Equipamiento**

Proceso de seleccionar y adquirir el conjunto de equipos que se requieren para que la bodega refrigerada funcione como tal. El equipamiento se enfoca en el equipo ideal para el sistema de refrigeración que tenga la capacidad de proporcionar las condiciones ambientales adecuadas de acuerdo a las dimensiones y la cantidad de producto a almacenar. Es necesario conocer la diversidad de equipos que se pueden utilizar en el sistema de refrigeración planteado, para poder seleccionar el que proporcione mejor rendimiento en conjunto.

#### **3.5.1. Equipos de refrigeración**

Los equipos de refrigeración que se necesitan son: compresor, condensador, evaporador y una válvula de expansión. Cada uno de estos tiene una función específica y características diversas dependiendo de su fabricante. En la siguiente figura se puede observar un esquema del sistema de refrigeración con cada uno de sus componentes.

Figura 13. Esquema del sistema de refrigeración



Fuente: elaboración propia.

Cada uno de los equipos observados en el esquema se describen más detalladamente a continuación.

### 3.5.1.1. Compresores

En un sistema de refrigeración los compresores se encargan de extraer vapor de un evaporador, para aumentar la temperatura y presión del mismo antes de ingresar al condensador. Con base en su constitución hay compresores herméticos y abiertos. El compresor debe tener como mínimo las siguientes características para cumplir con las necesidades del diseño:

- Capacidad: 5 HP
- Tipo: hermético recíprocante
- Modo de unidad: eléctrico
- Alimentación: 220-240 vac y 60 hz
- Refrigerante: R-404A

Figura 14. **Compresor para bodega refrigerada**



Fuente: *Compresor para bodega refrigerada*. <http://spanish.refrigerationdevice.com/sale-6147784-tecumseh-lunite-caj2446z-1-phase-voltage-code-f-hermetic-compressor-r404a.html>.

Consulta: mayo de 2018.

El compresor de la figura anterior se presenta de manera ilustrativa, es una opción que ofrece la marca Tecumseh, que cumple con las características deseadas. Sin embargo la decisión de compra es de la empresa, ya que ellos ya tienen proveedores para estos equipos, aunque pueden explorar nuevos proveedores.

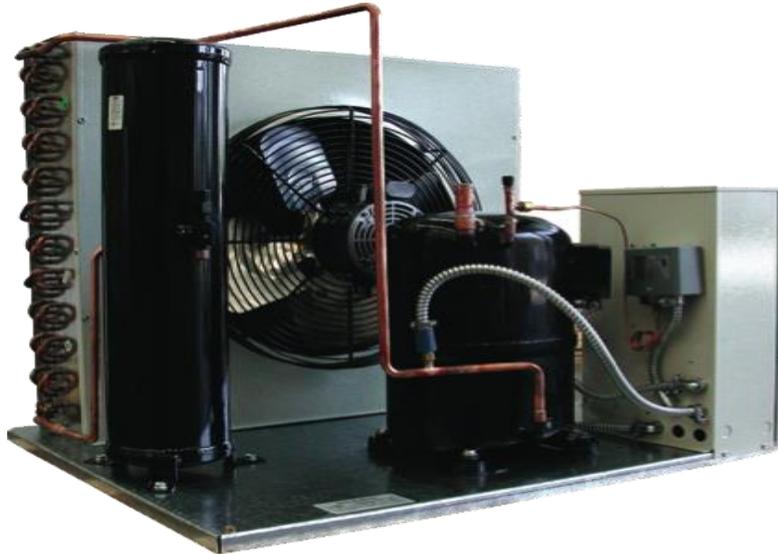
### 3.5.1.2. Condensadores

Los condensadores, dentro de un sistema de refrigeración, se encargan de proporcionar una superficie de intercambio de calor por medio del cual el vapor refrigerante caliente se condensa. Dependiendo del medio de condensación se tienen condensadores enfriados por aire, por agua o torres. El diseño contempla la adquisición de un condensador para el sistema de refrigeración, con las siguientes características:

- Capacidad: 5 HP
- Material: hierro con serpentín de cobre
- Alimentación: 220 vac y 60 hz
- Enfriamiento: por aire
- Refrigerante: R-404<sup>a</sup>

En la siguiente figura se muestra un condensador con fines ilustrativos, es una opción que ofrece una empresa mexicana llamada Arayl S.A. de C.V., desde su página web. El modelo MBHX de 5 HP se considera que es una excelente opción, ya que tiene integrado un compresor tipo hermético de alto rendimiento, bajo nivel de ruido y se presenta como una unidad condensadora eficiente con aplicaciones de alta, media y baja temperatura, además, trabaja con refrigerantes R-404<sup>a</sup>/507 y R-22.

Figura 15. **Condensador para bodega refrigerada**



Fuente: *Condensador para bodega refrigerada*. <http://www.araylsa.com.mx/portfolio.html>.  
Consulta: mayo de 2018.

Aunque el modelo presentado es una excelente opción, es la empresa la que decide qué modelo utilizar en el sistema, siempre que cumpla con las especificaciones mínimas para garantizar el funcionamiento de la bodega refrigerada.

### **3.5.1.3. Evaporadores**

Los evaporadores también proporcionan una superficie de transferencia de calor en el sistema de refrigeración, permitiendo que el calor pase del ambiente refrigerado al refrigerante evaporado, básicamente es donde se produce el intercambio térmico entre el refrigerante y el medio a enfriar. Existen evaporadores estáticos y de aire forzado.

Tomando en cuenta las necesidades del sistema de refrigeración y con base en el diseño, el evaporador debe cumplir, como mínimo, con las siguientes características:

- Tipo: bajo perfil de aire forzado
- Material: aluminio con serpentín de cobre
- Alimentación: 220 vac y 60 hz
- Refrigerante: R-404<sup>a</sup>

Figura 16. **Evaporador para bodega refrigerada**



Fuente: *Evaporador para bodega refrigerada*. <http://thermocoil.com/wp-content/uploads/2018/02/CATALOGO-2015-THERMOCOIL.pdf>. Consulta: mayo de 2018.

La figura anterior muestra un evaporador con fines ilustrativos, que ofrece Thermo-coil en su catálogo, el cual cuenta con un gabinete de lámina galvanizada, posee distribuidor de líquido para válvula de expansión y bandeja oscilante para facilitar el mantenimiento. Al igual que con los equipos anteriores, la compra del evaporador queda a discreción de la empresa, siempre que cumpla con las especificaciones planteadas.

#### 3.5.1.4. Válvula de expansión

Este es un elemento importante dentro del sistema de refrigeración ya que suministra, continua y correctamente, la cantidad adecuada de refrigerante al evaporador. Tiene la capacidad de retornar el fluido del estado líquido al estado gaseoso, por lo general esta expansión que se produce es conocida como vaporización. Las válvulas de expansión pueden ser termostáticas y eléctricas.

El diseño contempla la adquisición de una válvula de expansión con las siguientes especificaciones:

- Material: bronce
- Expansión: termostática
- Capacidad: 3 toneladas de refrigeración
- Conexión de salida: 1/2"
- Conexión de entrada: 3/8" para baja temperatura

Figura 17. **Válvula de expansión para bodega refrigerada**



Fuente: *Válvula de expansión*. <http://imcosamex.com/tag/valvulas-de-thermo-expansion/>.

Consulta: mayo de 2018.

No se sugiere marca ni lugar de compra porque la empresa ya tiene proveedores específicos que le surten las válvulas de expansión para los sistemas de refrigeración que trabaja, la figura anterior solo se muestra con fines ilustrativos.

### **3.6. Sistema eléctrico**

Para que funcionen los equipos de refrigeración seleccionados para la bodega refrigerada se requiere de un sistema eléctrico que les provea la energía suficiente para ello. Es importante que la instalación de este sistema sea realizada por personas capacitadas para estos trabajos. La empresa debe proporcionar a los encargados de la instalación del sistema eléctrico toda la información respecto a la cantidad de equipos que estarán conectados al sistema, la carga que estas generan, la ubicación de los equipos y las condiciones ambientales a las que será expuesto el sistema eléctrico, entre otros.

Hay dos situaciones que se pueden dar para la instalación del sistema eléctrico para la bodega refrigerada:

- La primera situación es que la empresa donde se instale la bodega refrigerada tenga suficiente capacidad para abastecerla, por lo que únicamente se realizaría el cableado interno.
- La segunda situación es que se tenga que realizar la instalación desde la red de distribución general, en cuyo caso se deben realizar las gestiones de ley pertinentes para trabajar un nuevo contador.

### **3.6.1. Acometida eléctrica**

En una instalación eléctrica las acometidas se refieren a la conexión entre la red de distribución general y el contador de energía individual. Las conexiones son las siguientes:

- Para la bodega refrigerada el tablero de mando se acopla al tablero principal del taller, que se encuentra a 20 metros de distancia. Esta conexión se realiza con cable #8 para 50 amperios.
- Del tablero de mando se hace una conexión al condensador, que se encuentra a 5 metros, con tres líneas de corriente a 120 voltios y una de tierra.
- Del tablero de mando se hace una conexión al evaporador, que es de 10 metros, con dos líneas de corriente a 120 voltios y una de tierra.

#### **3.6.1.1. Consumo**

Como en el condensador se trabaja con una conexión trifásica se espera que el consumo promedio sea de 15 amperios, mientras que el consumo del evaporador, que lleva una conexión monofásica, se espera que sea de 5 amperios.

La eficiencia en el rendimiento del sistema eléctrico instalado permite que la bodega refrigerada funcione correctamente y que el consumo operativo de la misma no eleve los costos de operación y es aquí donde radica la importancia de este sistema.

### **3.6.1.2. Gestión**

Como no se necesita un nuevo contador, no es necesario gestionar un nuevo contrato con la empresa distribuidora de energía eléctrica, con base en el consumo esperado, se considera que la capacidad del sistema eléctrico que posee la empresa es suficiente para realizar la instalación eléctrica de la bodega refrigerada.

## **3.7. Ingeniería de materiales**

Es el estudio que se realiza de la relación entre las propiedades de un material, la estructura o forma en la que se pueden encontrar y la manera en que se puede utilizar para un fin determinado de acuerdo a sus propiedades y estructura. Con la ingeniería de materiales se busca analizar los materiales que se van a utilizar para llevar a cabo la instalación de la bodega refrigerada, incluyendo los materiales para obra civil, plomería, aislamiento y eléctricos.

### **3.7.1. Selección de materiales para obra civil**

En los materiales de obra civil se tienen contemplados los de la fundición de la base de la bodega refrigerada, que tiene que proveer el aislamiento suficiente, así como soportar la carga del producto y las temperaturas a las que se ha de exponer.

Hay casos en los que el piso se levanta o se quiebra debido a que los materiales que se han utilizado no son los adecuados para las funciones que deben cumplir. También hay casos en que los materiales son correctos pero requieren un refuerzo que no se contempló en la selección del material y son estos los casos que se quiere evitar.

De acuerdo al análisis del trabajo de obra civil que se requiere para la instalación de la bodega refrigerada, se determina que los materiales con los que se recomienda trabajar son: concreto premezclado y electropaneles, cada uno con las siguientes características:

- Concreto premezclado: material compuesto por cemento, agregados, agua y aditivos; es moldeable, resistente a la compresión, alta durabilidad, reflectividad y resistente a entornos agresivos.
- Electropanel: son planchas compuestas por dos mallas, de varillas de acero, electrosoldadas y unidas entre sí; ya recubiertas con un mortero de arena y cemento ofrecen propiedades estructurales, térmicas y acústicas con alta durabilidad.

Las marcas y proveedores con los que se adquieran estos materiales son elección de la empresa.

### **3.7.2. Selección de materiales de plomería**

En la bodega refrigerada son pocos los materiales de plomería que se necesitan, entre estos están:

- Tubería: se requiere de tubo galvanizado de 1"; el galvanizado es un material que ofrece resistencia a la abrasión, a la corrosión atmosférica y al agua. Soporta altas y bajas temperaturas ofreciendo durabilidad.
- Accesorios: se requieren codos y uniones galvanizadas que se acoplen a la tubería y que también posean la resistencia a la abrasión y corrosión que les provea de larga duración y resistencia mecánica.

- Extras: cintas de teflón para las uniones, evitan fugas de agua en tuberías ya que no pierden sus propiedades al ser expuestas a la humedad y a altas temperaturas. Además, el teflón tiene la característica de que no aporta sustancias químicas a los fluidos y dificulta la formación de bacterias.

### **3.7.3. Selección de materiales eléctricos**

Los materiales eléctricos que se utilicen no solo deben ser capaces de transferir la carga eléctrica suficiente para abastecer los equipos de la bodega refrigerada, sino que también deben poseer la protección adecuada para soportar las condiciones ambientales a las que se han de exponer. Principalmente se tiene contemplado utilizar los siguientes materiales para el sistema eléctrico:

- 40 metros de cable calibre # 8, para 50 amperios
- 26 metros de tubería de vinil
- 3 contactores de tres polos 220 V, 50/60hz y 50 amperios
- 1 control timer termostato

### **3.7.4. Selección de materiales de aislamiento**

Para proporcionarle aislamiento a la bodega refrigerada se elige el poliuretano en paredes, techos y uniones. El poliuretano es un material con alta capacidad aislante, buena conductividad y resistencia térmica, auto adherente a cualquier superficie o material de construcción, de peso ligero que no sobrecarga estructuras, alta duración, buena resistencia química y al fuego, rápida ejecución en obra. También puede ofrecer impermeabilidad al agua, en el caso que se trabaje con poliuretano proyectado de celda cerrada.

La espuma rígida de poliuretano está compuesta por celdas de forma hexagonal que en su interior retienen el gas 141-B, por lo que no afecta la capa de ozono. Su mayor aplicación es en la industria frigorífica, aunque también se utiliza en el sector residencial en áreas con condiciones climáticas de baja temperatura.

Aplicar poliuretano con el mínimo de espesor para obtener el aislamiento térmico deseado permite optimizar el espacio del lugar de aplicación, en cambio si se desea incrementar la resistencia térmica y el ahorro energético basta con incrementar la cantidad de poliuretano en la aplicación.

Para la instalación de la bodega refrigerada se propone utilizar los siguientes materiales:

- Paredes: panel para aislamiento de paredes con núcleo de poliuretano expandido de alta densidad, con espesor de 4", ambas caras cubiertas con lámina de acero galvanizado prepintado.
- Techos: panel para aislamiento de techos, con núcleo de poliuretano expandido de alta densidad, con espesor de 4" ambas caras cubiertas con lámina de acero galvanizado acanalado prepintado.
- Sellador: espuma de poliuretano para sellar las uniones entre paneles de paredes y techo con las angulares de aluminio en las esquinas.

## 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Con el diseño de la bodega refrigerada, que se quiere utilizar como modelo para el almacenamiento de productos cárnicos, se hace una presentación a los directivos de la empresa Mantenimiento de Refrigeración S.A., para que estos aprueben la adquisición de los materiales y equipos que se necesitan para realizar la correspondiente instalación.

El proceso de instalación requiere trabajos de obra civil y técnicos, por lo que es necesaria la división adecuada del trabajo, verificar el cumplimiento de los tiempos estimados para cada actividad y controlar que los trabajos se realicen de acuerdo a lo esperado. Por lo que se identifican cuatro etapas de instalación:

- Etapa base: se solicitan los materiales y equipos de la bodega refrigerada y se despeja el área de instalación.
- Etapa estructural: se realiza la fundición para el piso, se instalan los paneles en paredes y techo.
- Etapa técnica: se instala el sistema de refrigeración con los equipos seleccionados.
- Etapa de prueba: se enciende el equipo y se mantiene en observación durante su funcionamiento.

La empresa solicita documentar todas las actividades de instalación y llevar un control de los costos totales de la bodega refrigerada, lo cual se presenta al final del presente capítulo. Como la bodega servirá como modelo para atraer clientes de la industria de productos cárnicos, el trabajo de instalación se va a compartir por diferentes medios que utilizan los clientes potenciales.

#### **4.1. Distribución de actividades**

En el diseño se estipulan las actividades que se deben llevar a cabo para la correcta instalación de la bodega refrigerada. Las actividades de instalación en las diferentes etapas son distribuidas en un total de 11 días máximo, el tiempo puede variar un poco debido a las condiciones climáticas que se presenten, ya que se trabaja al aire libre. Las actividades a realizar son las siguientes:

- Preparación: el despeje y preparación del suelo lo realizan las personas encargadas de obra civil, dependiendo de las condiciones del área, esto puede tardar de 2 a 4 horas, simultáneamente se asigna a una persona para que solicite los materiales y equipos, también debe verificar la logística de entrega de cada uno de ellos.
- Instalación de electropanel: esta actividad también la realizan las personas asignadas para la preparación de área y tarda aproximadamente 4 horas, por lo que se puede realizar el mismo día de la preparación.
- Fundición: la actividad dura media hora aproximadamente, pero requiere de 24 horas mínimo para el secado.

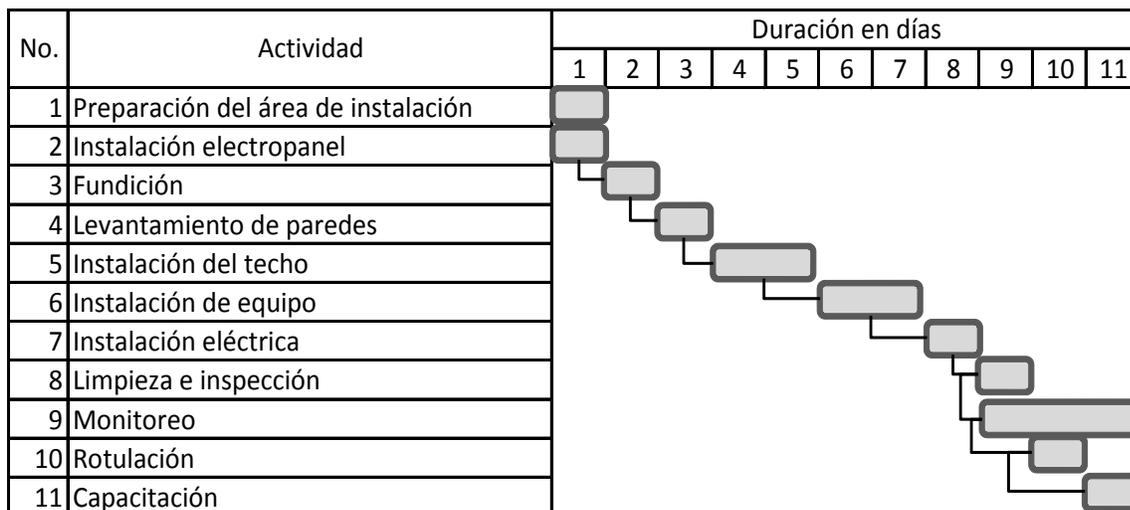
- Levantamiento de paredes: esta es una actividad que realizan las personas encargadas de obra civil, el acople de los paneles tarda de 7 a 8 horas.
- Instalación del techo: la actividad la ejecutan las personas encargadas de obra civil, el acople de los paneles en el techo tarda seis horas y se ocupan dos horas más para instalar las angulares de refuerzo en esquinas, por lo que la instalación se lleva a cabo en 8 horas aproximadamente.
- Instalación del equipo: esta es una actividad que realizan los técnicos asignados para la instalación de equipos de refrigeración, por lo general se trabaja en pares para cada equipo.
- Instalación eléctrica: se asigna personal técnico en instalaciones eléctricas para que realicen esta actividad que dura de cinco a siete horas.
- Limpieza e inspección: los técnicos asignados realizan la limpieza e inspeccionan que todos los equipos y sistemas estén correctamente instalados antes del arranque. La inspección también la realiza el supervisor de proyectos.
- Monitoreo: se establece un período de tres días de prueba, tiempo en el cual se monitorea su funcionamiento.
- Rotulación: se asigna a una persona para que se encargue de rotular el área, los equipos, etc. Esta actividad aproximadamente dura de 2 a 4 horas.

- Capacitación: se realiza una pequeña capacitación respecto al funcionamiento y uso de la bodega refrigerada para el personal encargado de operarlo, la cual dura entre 2 y 4 horas.

#### 4.1.1. Cronograma operativo

Las actividades de instalación descritas anteriormente se distribuyen individualmente en el siguiente cronograma operativo para identificar a detalle cada una de ellas:

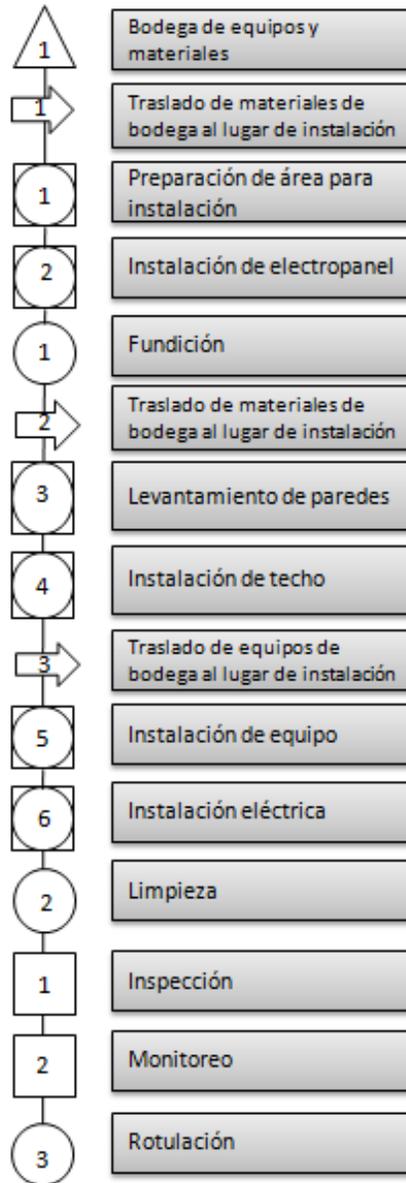
Tabla III. Cronograma operativo



Fuente: elaboración propia.

El tiempo estimado para cada actividad puede variar un poco, sin embargo se espera no exceder los 11 días que se tienen programados para llevar a cabo la instalación de la bodega refrigerada. A continuación se presenta el diagrama de flujo para el proceso de instalación de bodega refrigerada para el almacenamiento de productos cárnicos.

Figura 18. **Diagrama de flujo del proceso de instalación de la bodega refrigerada**



## Diagrama de flujo del proceso

Página: 1/1

**Producto:** bodega refrigerada  
**Elaborado por:** Josué Girón  
**Supervisado por:** Luis Pedro Ortiz  
**Fecha de elaboración:** 22/10/18

Símbolo	Cantidad	Descripción
△	1	Bodega
⇒	3	Transporte
□	6	Inspección/Operación
○	3	Operación
□	2	Inspección

Fuente: elaboración propia.

## **4.2. Recursos de instalación**

De acuerdo a las actividades programadas para la instalación se requieren diversos recursos humanos y materiales específicos para cada uno de ellas. Con base en ello, a continuación se detallan dichos recursos, describiendo las cualidades o características que deben poseer.

### **4.2.1. Recursos humanos**

El recurso humano que se requiere para la instalación de la bodega refrigerada, de acuerdo a las dimensiones de la misma y el tiempo estimado de instalación, se distribuye de la siguiente forma:

- 2 auxiliares de obra civil: son personas con conocimientos sobre construcción que se encargan del despeje y preparación del área donde se instala la bodega, tienen experiencia en la instalación de electropaneles base para fundición de pisos, en trabajos de aislamiento con espumas de poliuretano, instalación de paneles para paredes y techos de bodegas refrigeradas, así como corte y ajuste de angulares. Pueden trabajar en equipo y son responsables en el aprovechamiento de los recursos que se les proporcionen.
- 2 técnicos en refrigeración: son personas con conocimientos en la instalación de diversos equipos de refrigeración, tales como los compresores, condensadores, evaporadores, válvulas de expansión, etc., también tienen conocimientos de fontanería básica. Además de la instalación, se encargan de la limpieza del área cuando se termina la bodega, inspeccionan la instalación completa antes del arranque.

- 1 técnico electricista: es la persona encargada de realizar toda la instalación eléctrica, verificando que todos los equipos se encuentren bien conectados.
- 1 supervisor de proyecto: es la persona que supervisa todas las actividades de instalación, asegurando el buen uso de los materiales y equipos, también se encarga del monitoreo del equipo después de la instalación, así como de la capacitación a las personas que operarán la bodega refrigerada.

#### **4.2.2. Recursos materiales**

Para la instalación de la bodega refrigerada se requieren diversos recursos materiales, razón por la cual se asigna a una persona para que los solicite y se asegure de que sean distribuidos en la etapa correspondiente.

En la etapa estructural de la instalación se distribuyen los siguientes materiales:

- Día uno: 15 planchas de electropanel de 4" de ancho por 8" de largo, de bodega lo envían directamente al lugar de instalación.
- Día dos: 13,5 m<sup>3</sup> de concreto premezclado, se le indica al proveedor hora y lugar exacto de entrega.
- Día tres: 12 planchas de panel de 1 m de ancho por 11,9 m de largo, 13 angulares de aluminio, espuma de poliuretano, de bodega lo envían directamente al lugar de instalación.

En la etapa técnica de la instalación se distribuyen los siguientes materiales:

- Día cinco: 1 puerta térmica, 1 unidad condensadora con compresor integrado, 1 evaporador, 1 válvula de expansión, 6 libras de refrigerante R-404<sup>a</sup>, tubería de cobre, tubería galvanizada, codos uniones. Todo es solicitado desde el día uno para que sea entregado en el lugar de instalación el día cinco.
- Día ocho: 40 m de cable eléctrico #8 de 50 amperios, 26 m de tubería de vinil, 3 contactores, control *timer* termostato, 1 tablero eléctrico. Todo se solicita el día uno para que sea entregado en el lugar de instalación.

El área de compras es la que se encarga de realizar los pedidos de los materiales en el día uno de instalación, tomando en cuenta el inventario de la empresa.

#### **4.3. Desarrollo de obra civil**

El equipo de obra civil inicia la instalación de la bodega refrigerada, realizando una inspección previa de área para verificar las herramientas y equipos que deben utilizar para realizar los trabajos. El equipo de trabajo se prepara con lo siguiente:

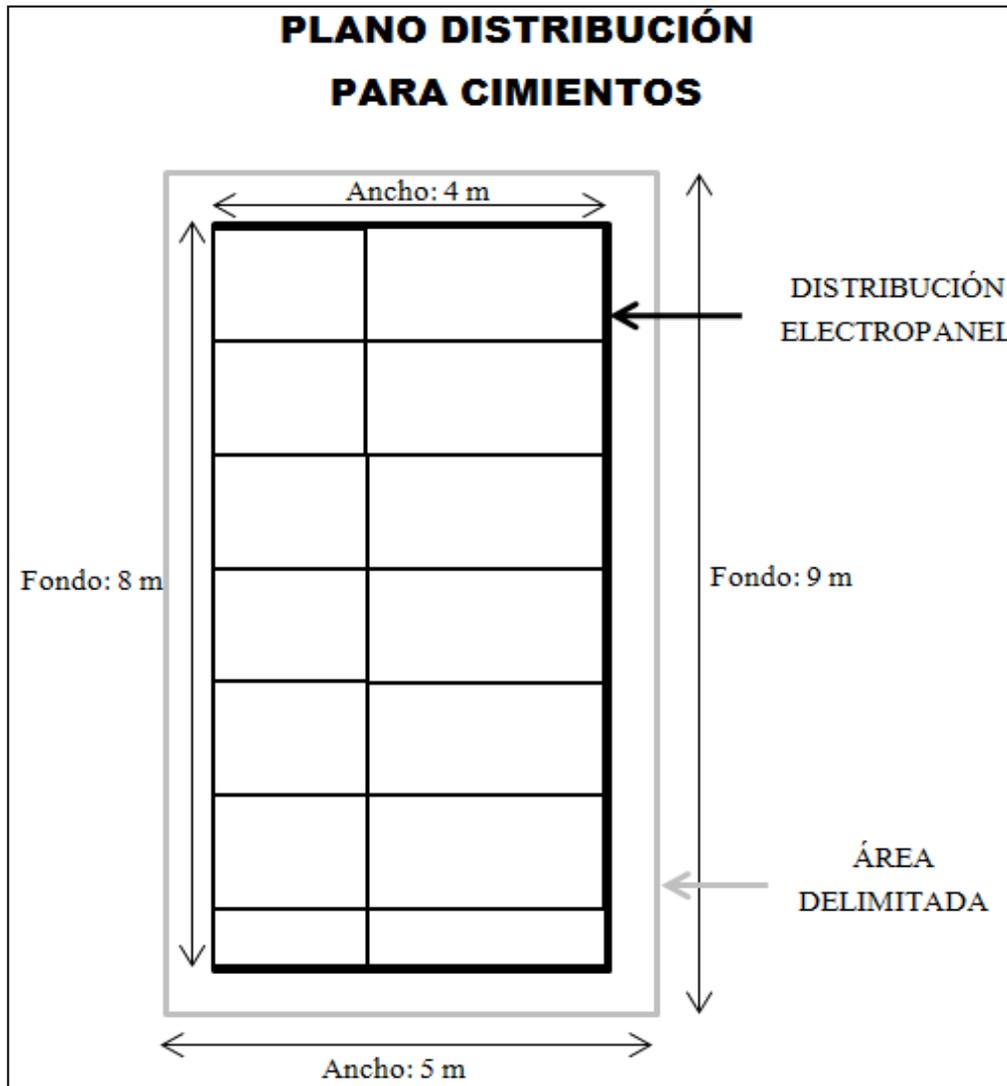
- Despeje de área
  - Elementos de trabajo: pala, pico, carretilla, pisones de mano, cordel, escuadra, manguera.

- Vestimenta: botas de hule, pantalón de lona, playera, guantes, arnés reflejante y casco.
- Instalación de electropanel
  - Elementos de trabajo: corta alambre, sierra, martillo, tenaza.
  - Vestimenta: zapato industrial, pantalón de lona, playera, guantes, arnés reflejante y casco.
- Instalación de panel
  - Elementos de trabajo: sierra circular, martillo, pistola de espuma.
  - Vestimenta: zapato industrial, pantalón de lona, playera, guantes, arnés reflejante y casco.

#### **4.3.1. Cimientos**

Los dos auxiliares de obra civil llegan al área de instalación desde las ocho de la mañana para delimitar el área de trabajo realizando las mediciones correspondientes. El cordel instalado en la delimitación se utiliza como guía para la excavación y nivelación de piso, así como para el levantamiento de paredes. Como el terreno estaba relativamente despejado, la preparación del área tuvo una duración de dos horas y media. Ya con el piso nivelado, los auxiliares proceden a colocar los electropaneles de la forma indicada en el plano, realizando los cortes y acoples necesarios para cubrir el área de fundición.

Figura 19. Plano de distribución



Fuente: elaboración propia.

Al finalizar la instalación de los electropaneles, se notifica al supervisor para que valide si dicha instalación cumple con las especificaciones y que esté listo para la fundición de la solera. Los cimientos se instalaron en un total de ocho horas y media.

#### **4.3.2. Zapatas**

En el diseño se contempla que, debido al tipo y cantidad de producto que se ha de mantener en la bodega refrigerada, no es necesario instalar las zapatas.

Si el tipo o cantidad de producto a almacenar en la bodega refrigerada excede las 4 000 libras por tarima de almacenamiento, entonces sí es necesario instalar las zapatas y esta especificación debe ir contemplada en el diseño, ya que de no poseer las zapatas se incrementa el riesgo de que el piso no soporte el peso, ocasionando grietas o daños que acorten la vida útil del piso.

#### **4.3.3. Soleras**

Con los cimientos listos se procede a realizar la fundición. En este proceso se distribuyen los 13,5 m<sup>3</sup> de concreto premezclado sobre los electropaneles y se subcontrata a otra empresa para que realice el trabajo. Debido a que la empresa decide contratar el servicio de fundición, el supervisor del proyecto debe estar presente para verificar que el proceso se realice conforme a las especificaciones de diseño y se asegura de que el concreto premezclado logre cubrir la superficie indicada.

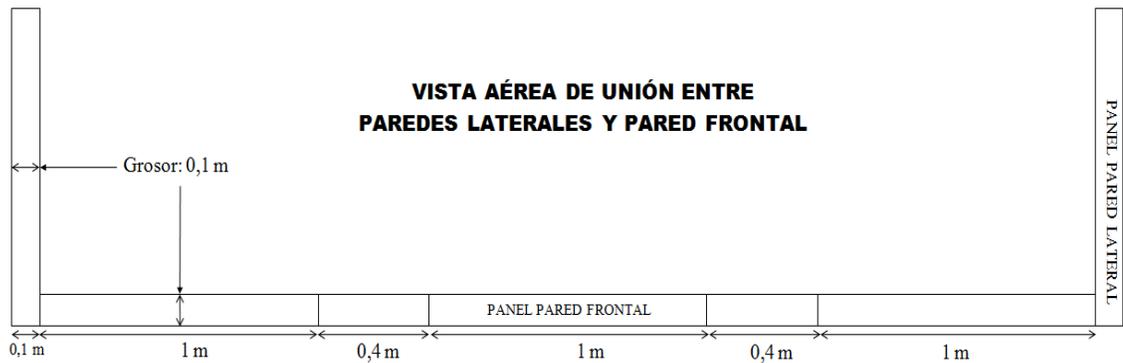
El proceso de fundición en sí se lleva a cabo en treinta minutos, mientras que el vaciado y acomodamiento lo realiza el personal de la empresa subcontratada. Considerando que el tiempo mínimo de secado es de veinticuatro horas, la fundición se inicia a las siete de la mañana, cumpliendo así con el tiempo que se tiene estimado para esta actividad.

#### **4.3.4. Paredes impermeabilizadas**

El levantamiento de las paredes impermeabilizadas lo realizan los auxiliares de obra civil, el proceso se lleva a cabo de la siguiente manera:

- Se cortan los paneles y de acuerdo a las medidas establecidas en el diseño se obtiene un total de 24, de los cuales, cada uno queda de 2,96 metros de largo por 1 metro de ancho.
- Se mide y marca con tiza el perímetro de instalación, centrado sobre el perímetro de la fundición, teniendo en cuenta el plano del diseño.
- Se realizan los acoplamientos entre paneles, iniciando por las paredes laterales, seguidamente de la pared de fondo y por último la pared del frente.
- Para la pared de fondo se utilizan cuatro paneles de 2,96 metros de alto por 1 metro de ancho. De estos se corta uno de los paneles para que quede de 2,96 metros de largo por 0,80 metros de ancho.
- Para la pared frontal se utilizan cuatro paneles de 2,96 metros de alto por 1 metro de ancho. De estos se corta uno de los paneles para que queden dos paneles de 2,96 metros de largo por 0,40 metros de ancho y otro panel para obtener uno de 0,76 metro de alto por 1 metro de ancho, estos paneles cortados se utilizan para enmarcar la puerta.
- Finalmente se acopla la pared frontal, tal como se muestra en la figura, sellando todos los acoples con espuma de poliuretano.

Figura 20. **Distribución de paneles de pared frontal**



Fuente: elaboración propia.

La empresa transporta los paneles y todo el equipo al área de trabajo, los auxiliares utilizan responsablemente los recursos que se les entrega, mientras que el supervisor revisa las medidas de los paneles, los acoples y acabados de las paredes. El proceso de levantamiento de paredes se realiza en siete horas y media, cumpliendo con el tiempo estimado para dicha actividad. La puerta no se deja instalada y se tiene previsto que el marco de la puerta se instale junto con las angulares de aluminio que van en las esquinas, por lo que se realiza después de la instalación del techo.

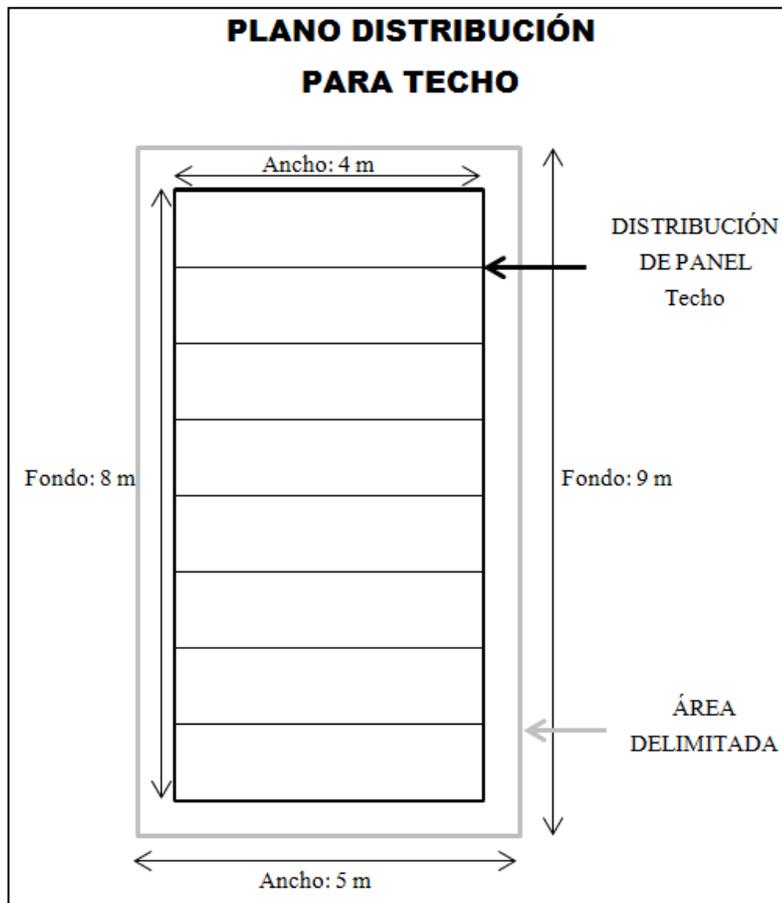
#### 4.3.5. **Techo impermeabilizado**

La instalación del techo impermeabilizado también es realizada por los auxiliares de obra civil, de la siguiente forma:

- Se cortan los paneles y de acuerdo a las medidas establecidas en el diseño se obtiene un total de 8, de los cuales cada uno queda de 4 metros de largo por 1 metro de ancho.

- Se realizan los acoplamientos entre paneles, iniciando desde la pared del fondo hacia la pared frontal, tal como lo indica el plano de distribución.
- Finalmente se sellan los acoplamientos entre paneles, así como las uniones entre pared y techo con espuma de poliuretano.

Figura 21. **Distribución de paneles para techo**



Fuente: elaboración propia.

Todo el proceso se realiza en 10 horas, cumpliendo con el tiempo estimado en el cronograma de actividades.

La instalación es revisada por el supervisor antes de continuar con el sistema de aislamiento que consiste en instalar las angulares, sellar todas las uniones con espuma de poliuretano e instalar la puerta.

#### **4.4. Instalación del sistema de refrigeración**

Cada una de las partes que conforman el sistema de refrigeración son instaladas de acuerdo a las especificaciones técnicas que se estiman en el diseño presentado en el capítulo tres y las que proporciona el fabricante, complementado con la experiencia del personal que la empresa asigna para esta tarea.

##### **4.4.1. Paneles**

Los paneles son los que conforman las paredes y techos de la bodega refrigerada; para su instalación se cortan en las dimensiones deseadas y se acoplan entre sí hasta rodear el área deseada.

Para las paredes los paneles quedaron de 2,96 metros de largo por 1 metro de ancho, mientras que para los techos los paneles quedaron de 4 metros de largo por 1 metro de ancho. Tanto en las paredes laterales como en el techo, no fue necesario realizar ajustes o cortes en los paneles, sin embargo, en la pared de fondo y en la pared frontal sí fue necesario cortar paneles para cubrir las dimensiones deseadas.

En la siguiente figura se puede observar la instalación de los paneles de la pared frontal con los cortes para el ajuste del marco de la puerta. También se puede verificar que la pared frontal cumple con las especificaciones del plano de distribución de la figura 18.

Figura 22. **Instalación de paneles**



Fuente: elaboración propia.

#### **4.4.2. Sistema de compresión**

La empresa decide instalar un compresor que está ensamblado sobre la misma base del condensador y que ya está conectado al sistema de condensación. Es por esta razón que el proceso de instalación del sistema de compresión se simplifica. Para la instalación del sistema de compresión se consideran varios aspectos importantes, tales como:

- El compresor debe quedar en el exterior de la bodega refrigerada.
- El área que rodea la bodega refrigerada tiene espacio limitado del lado izquierdo y al fondo.

- El lugar donde se instale el compresor debe estar coordinado con la ubicación del condensador y el evaporador, de tal forma que se optimice la instalación de estos equipos.

Con base en los aspectos descritos anteriormente se estima que la ubicación idónea para la instalación es en el exterior de la pared lateral derecha de la bodega refrigerada.

#### **4.4.3. Sistema de condensación**

Como se explica anteriormente, el condensador está ensamblado sobre la misma base del compresor y ambos están conectados entre sí; es por esta razón que el proceso de instalación del sistema de condensación se simplifica. Para la instalación del sistema de condensación se consideran los mismos aspectos que para el sistema de compresión:

- El condensador debe quedar en el exterior de la bodega refrigerada.
- El área que rodea la bodega refrigerada tiene espacio limitado del lado izquierdo y al fondo, por lo que el condensador puede ser instalado del lado derecho o al frente.
- El lugar donde se instale el condensador debe estar coordinado con la ubicación del compresor y el evaporador, de tal forma que se optimice la instalación de estos equipos.

De acuerdo a los aspectos descritos anteriormente, se estima que la ubicación idónea para la instalación del condensador es al centro en el exterior de la pared lateral derecha.

Figura 23. **Compresor y condensador**



Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura anterior, el compresor y el condensador están ensamblados como una sola unidad, en la cual ya se encuentran conectados.

#### **4.4.4. Sistema de evaporación**

Este sistema está conformado por dos unidades con cinco ventiladores cada una y la tubería de cobre que se utiliza para la conexión con el sistema de condensación. Para la instalación del sistema de evaporación se consideran ciertos aspectos importantes:

- La ubicación del evaporador debe estar de acuerdo a la ubicación del sistema de condensación y compresión para que sea fácil la conexión con dichos sistemas.
- El evaporador va ensamblado en el techo y debe utilizarse la herramienta adecuada para asegurarlo. Trae tres pestañas de ensamble para asegurar los tornillos al frente y tres en la parte de atrás.
- La unidad evaporadora debe instalarse a un mínimo de veinte centímetros de la pared.

Figura 24. **Instalación del evaporador**



Fuente: elaboración propia.

Debido a las dimensiones de cada unidad, el ensamble lo realiza el supervisor con la ayuda de los dos técnicos para sostener el equipo en la ubicación determinada.

#### **4.4.5. Sistema eléctrico**

La instalación del sistema eléctrico utilizado para la alimentación de los equipos de refrigeración se lleva a cabo por personal calificado que la empresa asigna para esta tarea. Con base en la decisión de colocar el tablero de mando en el exterior de la pared lateral derecha, se procede a medir nuevamente la distancia desde esta ubicación al tablero principal del taller, para determinar el material que se necesita para la conexión entre ambos tableros. También es necesario medir la distancia desde el tablero de mando al condensador y al evaporador.

Ya con el material para el cableado y las medidas correspondientes, se realiza la conexión entre el tablero de mando y el tablero principal del taller. Seguidamente se realiza otra conexión entre el tablero de mando y el condensador, con las tres líneas de corriente a 120 voltios y una de tierra. Por último se realiza la conexión entre el tablero de mando y el evaporador con dos líneas de corriente a 120 voltios y una de tierra. También se realiza la instalación de dos lámparas led marca Lumus de 110 voltios que se activan en el exterior con un *switch*. Todas las conexiones se realizaron con los materiales y equipos adecuados y se dejan con la protección suficiente para que resistan las condiciones ambientales a las que pueden ser expuestas.

#### 4.4.6. Sistema de aislamiento

El sistema de aislamiento está integrado por las angulares de aluminio que se instalan en las esquinas de todo el interior de la bodega refrigerada y el sello entre las uniones que se realiza entre paredes, así como las uniones de las paredes con el techo, en ambos casos se utiliza espuma de poliuretano.

Figura 25. **Instalación de angulares**



Fuente: elaboración propia.

En la figura se muestra el proceso de aislamiento que se lleva a cabo en la bodega refrigerada. Por último, la instalación de la puerta es el complemento del sistema de aislamiento que permite que la bodega sea completamente hermética si se mantiene la puerta cerrada.

#### **4.5. Medidas de seguridad**

Debido a que durante el proceso de instalación de la bodega refrigerada existe cierta exposición al riesgo de la ocurrencia de accidentes, es necesario que la empresa defina las medidas de seguridad que ha de establecer como medio de mitigación. Las medidas de seguridad que se tomaron en cada una de las etapas del proceso de instalación son:

- Señalización: es muy importante señalar el área de trabajo, indicar el tipo de trabajo que se realiza y, de ser posible, circular el área para impedir el paso a personal ajeno al proceso que se desarrolla.
- Identificación: todos los materiales y equipos deben estar debidamente identificados, así se evita confusiones, desperdicios o desgastes innecesarios.
- Ejecución: si las actividades se ejecutan adecuada y responsablemente es menos probable que ocurran accidentes.
- Vestimenta: el personal involucrado en la instalación debe utilizar la ropa y zapatos adecuados que les provean comodidad e incluso protección en el desempeño de sus actividades.

El personal ya tiene experiencia en la instalación de bodegas refrigeradas, por lo que conocen las medidas de seguridad que deben tomar, sin embargo, no está de más recordarles la importancia de poner en práctica estas medidas, no solo por cumplir con lo que establece la empresa, sino por seguridad propia.

#### **4.5.1. Equipo de protección individual**

La empresa que se encarga de la instalación ya cuenta con el equipo de protección individual que considera adecuado para los trabajos que realiza, por lo que se menciona el equipo que poseen.

- Zapatos industriales con punta de acero
- Pantalones de lona
- Arnés reflectivos
- Guantes de cuero, guantes de *latex*
- Lentes
- Cascos
- Mascarillas desechables

El personal es muy responsable en el uso del equipo que se le proporciona, sin embargo, para la instalación de angulares en techo, por ejemplo, se observa que el técnico prefiere trabajar sin casco puesto que dificulta su visión y desempeño.

Así como se tiene contemplado el equipo de protección individual necesario para el personal que se encarga de la instalación de la bodega refrigerada, también es importante tener en cuenta el que ha de utilizar el personal que ingresa a la bodega cuando ya esté en funcionamiento:

- Casco
- Zapatos industriales con punta de acero y suela antideslizante
- Cinturón de protección dorsolumbar
- Ropa térmica

La ropa térmica se utiliza cuando se va a procesar algún producto dentro de la bodega y si el tiempo de exposición continuo excede los treinta minutos. Si el personal ingresa a bodega varias veces al día en períodos menores de los treinta minutos continuos, no es necesario utilizar esta vestimenta y queda a discreción de la empresa el uniforme que disponga para su personal.

Por lo regular el equipo de protección individual utilizado para las tareas de operación en bodegas refrigeradas es el mismo que se utiliza normalmente en actividades de almacenamiento y levantamiento de cargas. Principalmente se enfoca en la protección de la cabeza, la región lumbar y los pies, que son las áreas del cuerpo que están expuestas a los riesgos asociados al tipo de actividades que se realiza en el almacenamiento de productos.

#### **4.6. Normas de instalación**

Para que el proceso de instalación se lleve a cabo según lo planificado, es de suma importancia establecer normas que contribuyan a que el recurso humano cumpla con sus actividades sin retrasos e imprevistos. Estas normas se plantean con base en el proceso de instalación, tomando en cuenta también las políticas y normas de trabajo de la empresa donde se realiza la instalación.

En la etapa base y en la estructural se ve involucrado el personal de obra civil, mientras que en la etapa técnica y de prueba se ve involucrado personal en sistemas de refrigeración, por ello se establecen normas específicas para sus labores, siendo responsabilidad de la empresa dar a conocer a su personal dichas normas, antes de iniciar las actividades de instalación.

#### **4.6.1. Normas para el recurso humano en obra civil**

Todo el recurso humano que interviene en el proceso de instalación de la bodega refrigerada en la etapa base, así como en la etapa estructural, debe cumplir las siguientes normas:

- Presentarse puntualmente al lugar de trabajo y escuchar con atención las instrucciones del supervisor del proyecto, respecto a las actividades que se han de realizar durante el día.
- Utilizar el uniforme que consta de zapatos industriales, pantalón de lona, camisa tipo polo y su correspondiente carné de identificación.
- Revisar cuidadosamente todo el material y equipo que se le proporcione e informar al supervisor sobre el estado en el que los recibe.
- Cuidar y utilizar correctamente el equipo de protección individual que se le proporciona, el cual consta de casco, guantes, arnés reflectivos y mascarilla desechable.
- Señalizar y acordonar el área de trabajo en cuanto se defina, de acuerdo a las medidas correspondientes y al proceso en ejecución.
- Realizar conscientemente las actividades que se le asignan, utilizando adecuadamente los recursos para evitar desperdicios y pérdidas.
- En el proceso de despeje estar atentos a posibles tuberías, cableados o elementos extraños que pudieran encontrarse en el área.

- Manipular con cuidado los electropaneles y paneles, en el proceso de carga y descarga, en el proceso de corte, así como en el proceso de instalación.
- Notificar al supervisor, cuando esté finalizada la instalación de los electropaneles, para que verifique si se cumple con las especificaciones para la fundición.
- Notificar al supervisor cuando esté finalizada la instalación de paneles en paredes y techos, para que verifique si se cumple con las especificaciones de aislamiento.

Estas normas las deben cumplir especialmente los auxiliares de obra civil y todas las personas que se involucren en las actividades de las primeras dos etapas de instalación.

#### **4.6.2. Normas para el recurso humano en sistemas de refrigeración**

Todo el recurso humano que interviene en el proceso de instalación de la bodega refrigerada en la etapa técnica, así como en la etapa de prueba, debe cumplir las siguientes normas:

- Presentarse puntualmente al lugar de trabajo y escuchar con atención las instrucciones del supervisor del proyecto, respecto a las actividades que se han de realizar durante el día.
- Utilizar el uniforme que consta de zapatos industriales, pantalón de lona, camisa tipo polo y su correspondiente carné de identificación.

- Revisar cuidadosamente todo el material y equipo que se le proporcione e informar al supervisor sobre el estado en el que los recibe.
- Cuidar y utilizar correctamente el equipo de protección individual que se le proporciona, el cual consta de casco, guantes, arnés reflectivos y mascarilla desechable.
- Señalizar el área de trabajo, identificar el equipo, así como el lugar de instalación de cada equipo.
- Revisar cuidadosamente cada equipo antes de que sea instalado y verificar que la instalación sea realizada adecuadamente.
- Notificar al supervisor cuando esté finalizada la instalación de los equipos, para que verifique si se cumple con las especificaciones operativas.
- Verificar el funcionamiento de los equipos por al menos 8 horas continuas.

Estas normas las deben cumplir especialmente los técnicos de refrigeración y todas las personas que se involucren en las actividades de las últimas dos etapas de instalación.

#### **4.7. Bodega refrigerada**

La bodega refrigerada ha sido diseñada como modelo para el almacenamiento de productos cárnicos, siendo necesario conocer las características técnicas que posee, así como su capacidad de refrigeración, aspectos que se describen a continuación:

#### **4.7.1. Características técnicas**

De acuerdo al diseño, la estructura y el sistema operativo de la bodega refrigerada, esta presenta las siguientes características:

- Volumen interno: 87,73 m<sup>3</sup>
  
- Capacidad de almacenamiento:
  - 60 750 libras de producto cárnico
  - 18 tarimas estándar
  
- Condiciones operativas
  - Temperatura de almacenamiento: -18 °C a -22 °C
  - Presión: 25 psi/250 psi
  - Consumo eléctrico: 20 amperios

#### **4.7.2. Capacidad de refrigeración**

Con base en el diseño realizado el sistema de refrigeración tiene la capacidad de trabajar 22 000 BTU de carga térmica y 3 toneladas de refrigeración.

#### **4.8. Evaluación de costos**

Considerando los recursos utilizados en la instalación de la bodega refrigerada para almacenar productos cárnicos, se tiene contemplado que el costo total corresponde a la suma del costo que se genera por obra civil, el costo del sistema de refrigeración, el costo correspondiente a mano de obra y los costos indirectos de fabricación.

Entre los costos indirectos de fabricación se ha considerado la energía eléctrica por uso de barrenos, pulidora y soldadura eléctrica; además el agua para el uso de fundición, de la cual aproximadamente se requirieron 3 metros cúbicos; algunos gases industriales como soldadura acetilénica y nitrógeno, así como gasolina y viáticos de personal, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla IV. **Costos indirectos de fabricación**

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>			
No.	Descripción	Cantidad	Total
1	Energía eléctrica	3.5 kilowatt	Q 456.00
2	Agua	3 m <sup>3</sup>	Q 90.00
3	Gases industriales	2 unidades	Q 450.00
4	Viáticos	1 unidad	Q 1200.00
			Q 2 196.00

Fuente: elaboración propia.

Aunque los demás costos se van describiendo en los siguientes puntos, el costo total de la instalación de la bodega refrigerada para el almacenamiento de productos cárnicos suma un total de Q. 125 042,00.

#### **4.8.1. Costo de obra civil**

Este es el costo que se genera en la fundición de la base para la bodega refrigerada, el levantamiento de paredes, la instalación del techo y el sistema de

aislamiento. En la siguiente tabla se presentan todos los recursos considerados en la obra civil:

Tabla V. **Costo de obra civil**

<b>COSTO DE OBRA CIVIL</b>				
No.	Descripción	Cantidad	Costo U	Costo T
1	Electropanel	15 planchas	Q 270.00	Q 4 050.00
2	Servicio de fundición	13,5 m <sup>3</sup>	Q 1 374.00	Q 18 549.00
3	Panel pared	8 planchas	Q 4 800.00	Q 38 400.00
4	Panel techo	4 planchas	Q 4 800.00	Q 19 200.00
5	Angulares de aluminio	13 unidades	Q 190.00	Q 2 470.00
6	Espuma de poliuretano	1 unidad	Q 820.00	Q 820.00
7	Puerta y marco	1 unidad	Q 5 200.00	Q 5 200.00
				Q 88 689.00

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a los datos presentados se estima que el costo total de obra civil es de ochenta y ocho mil seiscientos ochenta y nueve quetzales. El costo de la mano de obra se evalúa por separado, por lo que en la tabla anterior no se incluye el costo de la mano de obra utilizada para los trabajos de obra civil.

#### 4.8.2. Costo del sistema de refrigeración

Este costo se genera como resultado de la adquisición de todos los equipos que componen el sistema de refrigeración, así como los materiales que se adquieren para que la bodega de refrigeración funcione adecuadamente.

En la siguiente tabla se presentan todos los recursos considerados en el sistema de refrigeración que generan un costo:

Tabla VI. Costo del sistema de refrigeración

<b>COSTO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</b>				
No.	Descripción	Cantidad	Costo U	Costo T
1	Condensador con compresor	1 unidad	Q 14 800.00	Q 14 800.00
2	Evaporador	1 unidad	Q 12 500.00	Q 12 500.00
3	Válvula de expansión	1 unidad	Q 540.00	Q 540.00
4	Tubería de cobre	1 unidad	Q 1 400.00	Q 1 400.00
5	Refrigerante R404A	6 libras	Q 48.00	Q 288.00
6	Cable calibre #8	40 metros	Q 18.50	Q 740.00
7	Tubería de vinil	26 metros	Q 4.00	Q 104.00
8	Contactores	3 unidades	Q 150.00	Q 450.00
9	Control timer termostato	1 unidad	Q 375.00	Q 375.00
				Q 31 197.00

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a los datos presentados se estima que el costo total del sistema de refrigeración es de treinta y un mil ciento noventa y siete quetzales. El costo de mano de obra no se toma en cuenta en la tabla anterior, ya que se calcula por separado.

#### 4.8.3. Costo de mano de obra

Este se refiere al costo generado como resultado del pago del tiempo que invierte cada una de las personas que interviene en la instalación de la bodega refrigerada. En la siguiente tabla se presenta el listado del personal que participa en la instalación:

Tabla VII. Costo de mano de obra

<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>			
No.	Descripción	Cantidad	Total
1	Auxiliar de obra civil	2	Q 826.67
2	Técnico en refrigeración	2	Q 1 066.67
3	Técnico en electricidad	1	Q 266.67
4	Supervisor	1	Q 800.00
			Q 2,960.00

Fuente: elaboración propia.

## **5. MEJORA CONTINUA**

Establecer las acciones que permiten controlar el buen funcionamiento de la bodega refrigerada, por el mayor tiempo posible, requiere tomar en cuenta todos los factores que le pueden afectar. Si las personas que operan la bodega y las que le proveen el mantenimiento no tienen los conocimientos para hacerlo, puede incrementar la probabilidad de que esta sufra daños en su sistema, por esto es importante la capacitación del personal.

Establecer los parámetros por medio de los cuales se puede efectuar un control de las condiciones operativas de la bodega es tan necesario como las pruebas, inspecciones y mantenimiento que se le pueda proporcionar, sobre todo cuando se mantiene en funcionamiento constante.

### **5.1. Capacitación**

Por lo general, en los proyectos de instalación de equipos nuevos, el supervisor de Mantenimiento de Refrigeración S.A. da una charla informativa al personal de la empresa en donde se realice la instalación, a manera de proporcionarles la información esencial del equipo. Aunque hasta el momento la charla es funcional, se considera que en el caso de la bodega refrigerada es importante que la empresa estudie la información que es más útil para el cliente y que se le ofrezca una capacitación como un *plus* en el servicio.

Ya que se tiene previsto tres días para monitorear el funcionamiento de la bodega, se propone realizar una capacitación al personal en el último día, porque es necesario que adquieran los conocimientos básicos sobre el

funcionamiento de la bodega refrigerada para que el almacenamiento de los productos cárnicos sea adecuado.

El grupo objetivo de la capacitación son las personas que estarán constantemente utilizando la bodega refrigerada y las personas que le darán mantenimiento, debiendo seleccionar cuidadosamente la información que le compete a cada uno. De acuerdo al tipo de información que se les proporciona, el tiempo de capacitación puede ser de 20 a 30 minutos para cada grupo.

#### **5.1.1. Personal operativo**

Para efectos de la capacitación todas las personas que deben ingresar a la bodega para almacenar o despachar producto, así como las personas que la empresa asigne para apagarla o encenderla, son las que se considera como personal operativo.

Las personas que se dedican al almacenamiento de productos no siempre son cuidadosos a la hora de manipularlos, por ello es necesario hacerles el recordatorio de que esta tarea es importante y que debe realizarse adecuadamente para asegurar que el producto conserve sus características y la calidad que espera el consumidor final.

En la siguiente tabla se da a conocer información respecto al adecuado almacenamiento de productos cárnicos en la bodega refrigerada, que compete al personal operativo y que puede proporcionársele durante la capacitación, para que sea mejor recibida y aprovechada.

Tabla VIII. **Hoja informativa de operación**

<b>Almacenamiento de productos cárnicos en bodega refrigerada</b>	
<p>El buen uso y conservación de las condiciones operativas de la bodega refrigerada es responsabilidad de todo el personal que ingrese a ella, debiendo cumplir con lo siguiente:</p>	
Acción	Descripción
<p>Preservar las condiciones físicas de la bodega</p>	<p>Mantener cuidado al ingresar o egresar producto de la bodega, procurando no lastimar la puerta ni las paredes al manipular la carga.</p> <p>Si por alguna razón se lastima la puerta, paredes o techo, deben notificar de inmediato al personal de mantenimiento.</p>
<p>Mantener las condiciones ambientales de la bodega</p>	<p>Procurar no dejar la puerta abierta por períodos de tiempo prolongados.</p> <p>Si se debe estibar o acondicionar producto adentro de la bodega, es preferible que cierre la puerta al entrar y utilizar ropa adecuada para trabajo en frío.</p> <p>Deben asegurarse de dejar bien cerrada la puerta al entrar o salir de la bodega.</p>
<p>Conservar adecuadamente los productos cárnicos</p>	<p>Todo el producto cárnico debe estar almacenado en tarimas, como mínimo a 15 centímetros del piso.</p> <p>Las tarimas o contenedores deben estar a 25 centímetros del techo y de las paredes.</p> <p>Al colocar las tarimas deben asegurarse de dejar como mínimo 25 centímetros entre ellas.</p> <p>Estibar adecuadamente el producto y asegurarlo para evitar que se caigan con temblores o al mover por cualquier razón la tarima.</p> <p>No exceder de 75 cajas por tarima, ni de 3 375 libras de producto por tarima.</p>

Fuente: elaboración propia.

La hoja informativa puede proporcionarse impresa como material de apoyo en la capacitación del personal operativo, en donde se explica el motivo de cada acción, haciendo énfasis en la importancia del cumplimiento de las acciones descritas en ella.

### **5.1.2. Personal de mantenimiento**

Para efectos de la capacitación todas las personas que se encargan de realizar la limpieza de las instalaciones y verificar que todo funcione correctamente es considerado como personal de mantenimiento.

Por lo general, las empresas que poseen bodegas refrigeradas, independientemente del producto que almacenen, suelen tener dentro de su personal a personas que se encargan de realizar la limpieza y las revisiones básicas de operación de sus bodegas, a lo cual llaman servicio de mantenimiento menor, y contratar empresas especialistas en mantenimiento correctivo, cuando estas presentan alguna falla.

También hay algunas empresas que prefieren contratar los servicios de mantenimiento preventivo y correctivo ofrecidos por las empresas que les diseñan e instalan las bodegas, lo cual les permite detectar fallas a tiempo, reducir el riesgo de pasar días sin un lugar donde almacenar su producto por mantenimientos correctivos que pueden ser prevenidos o incluso prolongar la vida útil de las bodegas.

Dependiendo de quién realice el mantenimiento, así será el procedimiento que lleve a cabo, sin embargo, lo básico que debe saber el personal de mantenimiento y que puede transmitírsele por medio de la capacitación es lo siguiente:

Tabla IX. Hoja informativa de limpieza

<b>Limpieza de bodega refrigerada</b>	
<p>Conservar la bodega en las condiciones sanitarias adecuadas es responsabilidad del personal a quien se le asignen las tareas de mantenimiento, debiendo cumplir con lo siguiente:</p>	
Acción	Descripción
Limpieza diaria	<p>Entre los utensilios y materiales de limpieza que se pueden utilizar está la escoba, cubeta, trapeador con exprimidor, bayetas, cepillo de cerdas plásticas, desinfectante, agua.</p> <p>El personal asignado ingresa a la bodega con uniforme adecuado para el trabajo en frío, asegurándose que la puerta esté cerrada mientras realiza el proceso de limpieza.</p> <p>Preferiblemente el proceso de limpieza se realiza como sigue: se barre el piso; luego en la cubeta se prepara la mezcla desinfectante y se sumerge el trapeador en él y se exprime ligeramente para limpiar paredes y piso con el desinfectante; se lava y exprime bien el trapeador para pasarlo nuevamente por paredes y piso, retirando el exceso de humedad sobre ellas; con las bayetas se limpia y desinfecta la puerta; finalmente se cepillan las tarimas desocupadas y se desinfectan con una bayeta humedecida con desinfectante.</p>
Limpieza profunda	<p>Por lo general se aprovecha a realizar esta limpieza cuando se realiza el inventario de producto, en temporada baja.</p> <p>Se apaga la bodega refrigerada y se procede a sacar todo el producto revisándolo e inventariándolo.</p> <p>Los utensilios y materiales de limpieza son los descritos anteriormente.</p> <p>Preferiblemente el proceso de limpieza se realiza como sigue: se barre el piso; luego en la cubeta se prepara la mezcla desinfectante y se sumerge el trapeador en este y se exprime ligeramente para limpiar techo, paredes y piso con el desinfectante; se lava y exprime bien el trapeador para secar techo, paredes y piso; con las bayetas se limpia y desinfecta la puerta y el evaporador; finalmente se cepillan todas las tarimas y se desinfectan con una bayeta humedecida con desinfectante.</p>

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Hoja informativa de mantenimiento**

<b>Mantenimiento de bodega refrigerada</b>	
<p>Conservar la bodega refrigerada en óptimas condiciones es responsabilidad del personal a quien se le asignen las tareas de mantenimiento, debiendo cumplir con lo siguiente:</p>	
Acción	Descripción
Revisión superficial	<p>Se revisa el estado del techo, piso y paredes, verificando que no tengan grietas o abolladuras, así como moho o suciedad alguna en su superficie interna o externa.</p> <p>Se revisa el estado de la puerta, marco y empaques, verificando que no tenga grietas, abolladuras o desgaste.</p> <p>Se revisa el estado de las tarimas, que no estén quebradas, que no tengan presencia de moho o suciedad alguna.</p> <p>Cualquier anomalía visible se notifica al encargado de bodega, para determinar qué medidas tomar y solicitar el presupuesto para ello.</p>
Revisión operativa	<p>Se debe contar con equipo adecuado para realizar mapeos de temperatura y humedad dentro de la bodega y establecer si es necesaria una calibración.</p> <p>Verificar que las conexiones eléctricas estén en perfecto estado.</p> <p>Revisar que los equipos de refrigeración no presenten ruidos o vibraciones anormales.</p> <p>Cualquier anomalía que se perciba en el equipo se notifica al encargado de bodega, para determinar las medidas a tomar y solicitar el presupuesto para ello.</p>

Fuente: elaboración propia.

Las revisiones pueden programarse, semanal o mensualmente, no requieren mucho tiempo y no interrumpen las actividades en la bodega.

Dependiendo del tamaño o profundidad de la grieta o abolladura que se identifique en la bodega refrigerada, puede requerir desde un simple parche, hasta el cambio de un panel completo. En cuanto a la temperatura y humedad, si se encuentran fuera de los parámetros establecidos se debe calibrar el sistema de refrigeración y mantener en constante monitoreo durante 24 horas de funcionamiento continuo después de la calibración.

El mantenimiento del equipo de refrigeración es mejor que lo realice personal calificado y con las herramientas adecuadas para ello, ya que de ser realizado por inexpertos los componentes del sistema de refrigeración pueden sufrir daños irreparables.

## **5.2. Parámetros de control**

Establecer los medios por los cuales se puede determinar el estado de las instalaciones físicas y operativas de la bodega refrigerada, permite ejercer un control adecuado de sus necesidades. No se puede corregir una falla si no se sabe que existe o si se desconocen sus causas. Los parámetros de control centran los esfuerzos de la empresa por conservar las condiciones físicas y operativas de la bodega durante el tiempo estimado de vida. De acuerdo al análisis del funcionamiento de la bodega refrigerada y sus componentes, se establecen parámetros de control que son descritos a continuación.

### **5.2.1. Condiciones de las instalaciones físicas**

Las condiciones de las instalaciones físicas de la bodega refrigerada pueden ser consideradas como un parámetro de control, ya que si estas sufren algún daño puede afectarse su capacidad de enfriamiento, ser causa de accidentes o incrementar el consumo de energía. El sistema básico es el más

expuesto a averías y las aberturas son la causa más probable de incremento en el consumo de energía o deficiencias en la capacidad de enfriamiento, por eso ambos son descritos a continuación.

#### **5.2.1.1. Sistema básico**

En una bodega de refrigeración el sistema básico está compuesto por el piso, pared y techo. Los aspectos que se deben controlar respecto a estos componentes son los siguientes:

- Estado superficial: inspeccionar las condiciones del sistema básico para evitar o eliminar la acumulación de hielo o suciedad en sus componentes.
- Proceso de limpieza: validar que este proceso se lleve a cabo en la forma planteada, utilizando material desinfectante adecuado para mantener la bodega sanitizada y que sea compatible con el material de los paneles que conforman el sistema básico.
- Prácticas de almacenamiento: verificar la aplicación de buenas prácticas de almacenamiento, tales como:
  - Manipular adecuadamente los productos, para evitar daños en los componentes del sistema básico, durante el almacenamiento o despacho.
  - Utilizar equipo de carga adecuado para no arrastrar los productos y tarimas sobre el piso, causando daño sobre este.

- Distribuir adecuadamente las tarimas de almacenamiento, respetando las distancias establecidas entre ellas, hacia la pared, techo y piso.

#### **5.2.1.2. Aberturas**

Sucede que el control de aberturas en cualquiera de los componentes del sistema básico o del sistema de refrigeración debe ser controlado para evitar deficiencias en el correcto funcionamiento de cualquier bodega refrigerada.

Las aberturas pueden referirse a grietas o hendiduras grandes, pequeñas, profundas o superficiales sobre las paredes, techo, condensador, evaporador, compresor o tubería, que aunque sean muy pequeñas, pueden afectar la hermeticidad de los sistemas que integran la bodega refrigerada de productos cárnicos en cuestión.

Para detectar aberturas es necesario establecer una revisión periódica de los empaques de las puertas, conductos, tuberías e incluso de los cableados, que permitan establecer si se encuentran en buen estado y evitar pérdidas de energía considerables en los sistemas. Por ejemplo, una de las condiciones más comunes que afectan la hermeticidad del sistema es el daño en empaques de la puerta y el estado del marco que sufren averías por el tráfico de cargas que forma parte del proceso de almacenamiento.

#### **5.2.2. Condiciones operativas**

Las bodegas refrigeradas tienen la característica de que pueden diseñarse para cubrir necesidades específicas de almacenamiento, no solo en cuanto a espacio, sino a condiciones operativas y disponibilidades de quien lo solicita.

A continuación se describen las condiciones operativas que requieren de un control, para el almacenamiento específico de productos cárnicos, que se consideran más importantes.

#### **5.2.2.1. Temperatura**

El sistema de refrigeración debe tener la capacidad de proporcionar una temperatura adecuada a los productos cárnicos que se almacenen en la bodega instalada, para que estos puedan conservar sus propiedades y detener su descomposición.

Tomando en cuenta que la temperatura promedio en que este producto debe conservarse es de  $-18^{\circ}\text{C}$ , se establece que el rango de variación no debe exceder de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Esta temperatura también influye en la humedad relativa deseada en el sistema, el cual no debe exceder de 40% y debe ser controlada por equipo y personal adecuado.

#### **5.2.2.2. Presión**

Las presiones manométricas del sistema de refrigeración deben permanecer constantes ya que, de no ser así, el sistema se apaga gracias a los interruptores de presión automática.

La baja presión de succión debe mantenerse en 25 psi, mientras que la alta presión de descarga debe mantenerse en 250 psi. Si se requiere comprobar la presión se adquieren manómetros especiales para compresor, que permiten realizar la medición.

### **5.2.2.3. Consumo eléctrico**

El consumo eléctrico promedio del sistema de refrigeración instalado es de 20 amperios. Por lo regular el consumo no varía, a no ser que cualquiera de los equipos esté averiado, se mantenga abierta la puerta de la bodega, se tengan fugas o daños en el cableado.

### **5.3. Prueba inicial operativa**

Consiste en la verificación del funcionamiento de la bodega refrigerada durante determinado tiempo. Se programa al final del proceso de instalación y lo realiza el supervisor del proyecto en conjunto y coordinación con los técnicos de refrigeración.

La prueba inicial operativa es muy importante, ya que en ella se logra validar la correcta instalación del sistema de refrigeración, el sistema eléctrico y el aislamiento de la bodega refrigerada.

#### **5.3.1. Período de prueba**

Se establece un período de prueba de tres días, tiempo en el cual se monitorea el funcionamiento de la bodega refrigerada en sí, así como el funcionamiento de cada uno de sus componentes. Las actividades del período de prueba se distribuyen en el cronograma que se muestra a continuación:

Figura 26. **Cronograma del período de prueba**

DÍA	ACTIVIDAD	Duración en horas							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Limpieza, arranque y monitoreo continuo	■	■	■	■				
2	Monitoreo secundario				→	■	■		
3	Monitoreo final							→	■
Tiempo total en horas: 8 Tiempo total en días: 3									

Fuente: elaboración propia.

Las actividades mencionadas en el cronograma anterior se llevan a cabo de la siguiente forma:

- Día uno:
  - Actividades: limpieza, arranque y monitoreo continuo.
  - Duración: 4 horas.
  - Personal presente: técnico electricista, técnico en refrigeración y supervisor.
  - Desarrollo: en el primer día del período de prueba se presenta el técnico en refrigeración para limpiar la bodega antes del arranque; al momento del arranque se encuentra presente el supervisor comprobando el funcionamiento de los equipos externos de refrigeración, el técnico comprueba el funcionamiento del equipo de

refrigeración interno, el técnico electricista verifica el funcionamiento de los tableros y el cableado.

- Día dos:
  - Actividades: monitoreo secundario.
  - Duración: 2 horas.
  - Personal presente: técnico en refrigeración y supervisor.
  - Desarrollo: tanto el técnico como el supervisor realizan un monitoreo de temperatura, humedad y presión que se describe más adelante.
  
- Día tres:
  - Actividades: monitoreo final.
  - Duración: 2 horas.
  - Personal presente: técnico en refrigeración y supervisor.
  - Desarrollo: en la mañana del último día del período de prueba se presenta el supervisor en las instalaciones para realizar un monitoreo de 30 minutos, en los otros 30 minutos de monitoreo matutino se proporciona la capacitación para personal de mantenimiento explicando las condiciones expuestas en las hojas informativas de limpieza y mantenimiento. Durante la tarde se realiza la capacitación de personal operativo, se realiza una visita a la bodega mientras se

explican las condiciones expuestas en la hoja informativa de almacenamiento, finalmente se realiza un último monitoreo de condiciones acompañado del encargado de la bodega.

### **5.3.2. Funcionalidad**

El período de prueba finaliza con la entrega de la bodega refrigerada en condiciones óptimas de funcionamiento. Como el monitoreo del primer día se enfoca en verificar que la instalación de todos los sistemas esté como corresponde, el segundo día se enfoca en verificar que todos los sistemas funcionen adecuadamente y así, en el tercer día, se pueda mostrar la bodega en funcionamiento a los usuarios.

El monitoreo del segundo y tercer día se divide en dos cada día, permitiendo verificar la temperatura, humedad, presión y consumo eléctrico después de 24, 36 y 48 horas de funcionamiento continuo.

#### **5.3.2.1. Temperatura**

Para calibrar el sistema, por lo regular, se realizan mapeos, los cuales consisten en colocar termómetros digitales capaces de medir temperatura y humedad en diferentes puntos de la bodega, donde se encuentra el producto almacenado. Con el mapeo se puede determinar si el flujo de aire es el correcto, si la temperatura y humedad se mantienen constantes en cualquier punto de la bodega y si es necesario recalibrar el sistema.

El monitoreo del segundo día se divide en dos. Por la mañana se realiza el mapeo de temperatura y humedad, después de 24 horas de funcionamiento continuo con la bodega vacía, y el segundo por la noche, para realizar un

mapeo de temperatura y humedad después de 36 horas de funcionamiento continuo con la bodega llena a un cuarto de su capacidad.

Los resultados del primer monitoreo muestra un promedio de temperatura de -18,4 °C y humedad de 41 %, mientras que el segundo muestra un promedio de temperatura de -17,9 °C y humedad de 40 %.

Se recalibra el sistema y, en el monitoreo matutino del tercer día, se realiza el último mapeo en el que se obtiene -18 °C y humedad relativa del 40 % después de 48 horas de funcionamiento continuo.

#### **5.3.2.2. Presión**

Se realiza una medición de la presión en el compresor, durante el monitoreo matutino del segundo y tercer día de la prueba operativa, en ambas la presión de succión se mantuvo en 25 psi y la presión de descarga se mantuvo en 250 psi.

#### **5.3.2.3. Consumo eléctrico**

Durante el primer día del período de prueba el técnico electricista se encarga de monitorear el amperaje de los equipos de refrigeración, los cuales se mantienen en el promedio especificado de 15 amperios.

### **5.4. Inspecciones**

Las inspecciones que se realicen a la bodega refrigerada son un medio para examinar regularmente las condiciones en las que se encuentra y poder

detectar anomalías que puedan ser causa de serios daños en el sistema de refrigeración o en el aislamiento.

La programación de inspecciones, tanto físicas como operativas, se recomienda realizarla en los primeros días de instalación, semanalmente durante el primer mes de funcionamiento, quincenalmente en los siguientes dos meses y mensualmente en adelante. Estas no deben exceder de 20 minutos y se pueden utilizar diversos medios para la recopilación de información.

#### **5.4.1. Condiciones físicas**

Para facilitar la inspección de las condiciones físicas de la bodega refrigerada se realiza el siguiente formulario:

Tabla XI. **Formulario de inspección/condiciones físicas**

<b>Inspección de condiciones físicas</b>											
<i>SISTEMA BÁSICO</i>											
Componente	Grieta		Abollado		Desgaste		Limpieza		Estado		Nota
	si	no	si	no	si	no	si	no	B	M	
Piso											
Paredes											
Techo											
Puerta											
Empaques											
Marco											
<i>SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</i>											
Componente	Grieta		Abollado		Desgaste		Limpieza		Estado		Nota
	si	no	si	no	si	no	si	no	B	M	
Compresor											
Condensador											
Evaporador											
Tubería											
<i>SISTEMA DE ALMACENAMIENTO</i>											
Componente	Grieta		Desgaste		Limpieza		Estado		Estibado		Nota
	si	no	si	no	si	no	B	M	B	M	
Tarimas											
Observaciones:											
Fecha	Nombre del inspector									Firma del inspector	

Fuente: elaboración propia.

En el formulario se puede especificar si hay grietas, abolladuras y desgaste en los componentes de la bodega refrigerada. También se define si dichos componentes se encuentran limpios a la hora de la inspección y si en términos generales se encuentran en buen estado. En el caso específico de las tarimas, se puede establecer si el estibado al momento de la inspección está de acuerdo a lo establecido para almacenar los productos cárnicos.

### 5.4.2. Condiciones operativas

Para facilitar la inspección de las condiciones operativas de la bodega refrigerada se realiza el siguiente formulario:

Tabla XII. Formulario de inspección/condiciones operativas

Inspección de condiciones operativas						
FUNCIONAMIENTO						
Parámetro	Ideal		Real		Variación	Nota
Temperatura	-18°C					
Humedad	40%					
Presión	25 psi	250 psi				
Amperaje	20 Amperios					
ALMACENAMIENTO						
Verificación			si	no	Parámetro	
La puerta de la bodega está bien cerrada					Hermeticidad	
Todo el producto está en tarimas					Flujo de aire en bodega	
El estibado del producto es correcto					Condiciones del sistema básico	
Las tarimas se encuentran a 25 cm de la pared					Flujo de aire en bodega	
Las tarimas se encuentran a 25 cm del techo					Flujo de aire en bodega	
Las tarimas se encuentran a 25 cm entre ellas					Flujo de aire en bodega	
Hay más de 75 cajas de producto por tarima					Condiciones del sistema básico	
Hay más de 3 375 libras de producto por tarima					Condiciones del sistema básico	
Observaciones:						
Fecha	Nombre del inspector				Firma del inspector	

Fuente: elaboración propia.

En el formulario se incluyen los parámetros de funcionamiento que se han establecido, así como los medios para definirlos. Los formularios presentados únicamente son un ejemplo de cómo elaborar una herramienta para inspección.

## **5.5. Mantenimiento**

Las tareas de mantenimiento se establecen para conservar las características de la bodega refrigerada desde el inicio de sus operaciones hasta el final de su vida útil. Hay tres aspectos a definir en cuanto a mantenimiento y son:

- Formas para identificar fallas en la bodega refrigerada
- Acciones que pueden prevenir situaciones de mantenimiento correctivo
- Medidas correctivas más comunes en bodegas refrigeradas

### **5.5.1. Detección de fallas**

Hay diferentes formas para identificar fallas en una bodega refrigerada, sin embargo, realizar inspecciones puede ser un medio efectivo para detectar las fallas y corregirlas a tiempo. Por ejemplo:

- Si durante la inspección se observa acumulación de hielo en el interior de la bodega, indica una posible falla en el evaporador y este debe ser examinado.
- Si durante el mapeo se observa un cambio significativo en la temperatura o la humedad, esto implica fallas en el aislamiento del sistema y hay que revisar las condiciones del sistema básico.

Estas son solo algunas de las fallas más comunes que pueden presentarse y la forma en que pueden detectarse. Entre más se observe el funcionamiento de la bodega refrigerada, más fácilmente pueden detectarse fallas en cualquiera de sus sistemas.

### **5.5.2. Mantenimiento preventivo**

Las acciones que pueden definirse como parte del mantenimiento preventivo para la bodega refrigerada se centran en los equipos de refrigeración de la siguiente manera:

- Evaporador
  - Limpiar de forma general el evaporador
  - Cambiar los cojinetes a los motores eléctricos
  - Revisar la alimentación eléctrica de los motores y sus resistencias
  - Quitar la formación de hielo, si este existiera
  - Verificar bloqueos en el sistema de evaporación
  - Revisar la resistencia que regula el flujo de agua por la bandeja
  
- Compresor
  - Limpiar de forma general el compresor
  - Lubricar el sistema de compresión
  - Revisar, limpiar o cambiar filtros
  - Verificar el nivel de aceite y refrigerante
  - Limpiar el tanque que separa el aceite
  - Revisar, lubricar o engrasar todos los cojinetes
  - Inspeccionar el funcionamiento del motor
  
- Condensador
  - Limpiar de forma general el condensador
  - Revisar, limpiar y cambiar filtros

- Revisar la alimentación eléctrica
- Verificar bloqueos en el sistema de condensación

### **5.5.3. Mantenimiento correctivo**

Las fallas operativas que requieren mantenimiento correctivo por lo general están relacionadas al fallo de alguno de los equipos de refrigeración o al sistema básico.

Cuando el mantenimiento correctivo se relaciona a alguno de los equipos de refrigeración, los costos son elevados debido a que la bodega deja de funcionar y puede ocasionar pérdida de producto o requerimiento de equipo nuevo, entre otros.

Cuando el mantenimiento correctivo se relaciona al sistema básico, el costo no es tan elevado, ya que es probable que únicamente aumente el consumo de energía eléctrica en un 20 % durante el tiempo que se identifique y solucione la falla.



## CONCLUSIONES

1. Los productos cárnicos de mayor producción y comercialización en Guatemala son la carne de res, marrano y aves frescas. Entre las condiciones de almacenamiento adecuadas para estos productos cárnicos está una temperatura de conservación promedio de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa de 40 %. Esto implica que una bodega refrigerada para productos cárnicos debe ser capaz de satisfacer estas condiciones.
2. Se definen los principales aspectos técnicos a considerar en la elaboración del diseño de una bodega refrigerada para productos cárnicos. Estos son: las dimensiones del área física disponible para la instalación de la bodega refrigerada, la capacidad de almacenamiento de productos requerida y las condiciones de almacenamiento adecuadas que determinan la capacidad de enfriamiento idónea para el tipo de productos a almacenar.
3. La estandarización del proceso de instalación de la bodega refrigerada diseñada para productos cárnicos consiste en identificar y definir sus etapas. Se identifican cuatro: la etapa base, estructural, técnica y de prueba. En la etapa base se solicitan los equipos y recursos que se requieren para la instalación, se despeja y señala el área; en la etapa estructural se instalan los electropaneles, la fundición del piso, instalación de paneles para paredes y techo, así como la instalación de la puerta; en la etapa técnica se instala todo el equipo de refrigeración y eléctrico; en la etapa de prueba se monitorea el funcionamiento de la bodega refrigerada durante tres días.

4. Entre las características más importantes que posee el modelo propuesto, que pueden ser de interés para las empresas de la industria de productos cárnicos en el país, están las siguientes: capacidad de almacenamiento de hasta 60 750 libras de producto cárnico, con un volumen interno de 87,73 metros cúbicos, temperatura de -18 °C hasta -22°C, consumo eléctrico total de 20 amperios y un período de instalación de 11 días.
5. Los costos asociados al diseño y la instalación de la bodega refrigerada permiten estimar un total de Q. 125 042,00 de inversión necesaria para adquirir el equipo.
6. Los parámetros de control operativo para preservar la vida útil de la bodega refrigerada diseñada se dividen en dos: los relacionados al funcionamiento como temperatura, humedad, presión y amperaje, así como los relacionados al almacenamiento tales como el flujo de aire en bodega, hermeticidad y las condiciones del sistema básico, todos estos se detallan en el capítulo 5.
7. Las actividades de mantenimiento necesarias para el funcionamiento óptimo del modelo de bodega refrigerada propuesto se enfocan principalmente en la revisión de los equipos que conforman el sistema de refrigeración, es decir, compresor, evaporador, condensador, tuberías y medio de expansión, además del sistema eléctrico tal como se describe en el punto 5.5 del presente trabajo de graduación.

## RECOMENDACIONES

1. El estudio de las condiciones de almacenamiento adecuadas para productos cárnicos de mayor producción y comercialización en lugares específicos, es más eficiente si se establece primero la metodología de investigación y los medios para la recolección de información.
2. Facilitar información a los clientes respecto al proceso de diseño e instalación de una bodega refrigerada agiliza la definición de los aspectos técnicos a considerar en la elaboración del diseño personalizado.
3. Notificar e informar bien al personal involucrado en el proceso de instalación de bodegas refrigeradas, respecto a la estandarización del proceso y su participación en este, para lograr el objetivo de disminuir el margen de error en su ejecución.
4. Indagar más sobre las necesidades de los clientes respecto al almacenamiento de productos cárnicos permite identificar más fácilmente las características más importantes al realizar un modelo.
5. Estudiar el origen de los costos que se generan en el diseño e instalación de la bodega refrigerada y la posibilidad de disminuirlos para que la inversión requerida sea menor.

6. Para establecer los parámetros de control operativo es necesario conocer todos los componentes de la bodega refrigerada y sus necesidades en cuanto a funcionalidad.
  
7. Las actividades de mantenimiento pueden variar dependiendo del uso que se haga de la bodega refrigerada y el cuidado que tengan sus usuarios, por ello es necesario que estos estén al tanto de ello.

## BIBLIOGRAFÍA

1. HERNÁNDEZ RUIZ, Eva. *Descripción de las operaciones, tecnología y buenas prácticas de higiene y sanidad en un centro de almacenamiento y distribución de alimentos perecederos, cámara frigorífica de congelados, carnes, pescados, lácteos, frutas y verduras*. Tesis de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, 2008. 175 p.
2. Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. *Consulta de necesidades de capacitación en la industria de productos cárnicos en la zona de cobertura de la región central del INTECAP*. Guatemala: INTECAP, 2011. 79 p.
3. MARCOS MUNTAL, Begoña. *Mejora de la seguridad alimentaria en productos cárnicos listos para el consumo mediante la aplicación combinada de tecnologías de conservación emergentes*. Tesis Doctoral de Ciencias Experimentales y de la Salud. Departamento de Ingeniería Química Agraria, Universidad de Girona, 2007. 101 p.
4. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. *Manual de requisitos higiénicos sanitarios para el diseño de instalaciones, construcción y equipo de un matadero para la especie bobina*. Guatemala: MAGA, 2011. 86 p.

5. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Norma sanitaria para autorización y control de fábricas de embutidos y productos cárnicos procesados en general*. Guatemala: MSPAS, 2003. 22 p.
6. MONOLIT. *Hoja técnica-Monolit*. [en línea] <<http://grupomonolit.com/wp-content/uploads/hoja-tecnica.pdf>> [Consulta: mayo de 2018].
7. TELLO NUÑEZ, Henry. *Tiempo de congelamiento. Laboratorio de refrigeración y congelado*. Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2013. 15 p.
8. USMEAF. *Refrigeración y congelación*. [en línea]. <[http://www.usmef.org.mx/USmeat2/Paginas/inicio.php?accion=refrigeracion\\_congelacion](http://www.usmef.org.mx/USmeat2/Paginas/inicio.php?accion=refrigeracion_congelacion)>. [Consulta: septiembre de 2017].

## APÉNDICES

En la siguiente tabla se presenta el resumen de costos propios de la instalación de la bodega refrigerada para el almacenamiento de productos cárnicos que se propone y que se desglosa en el inciso 4.8.

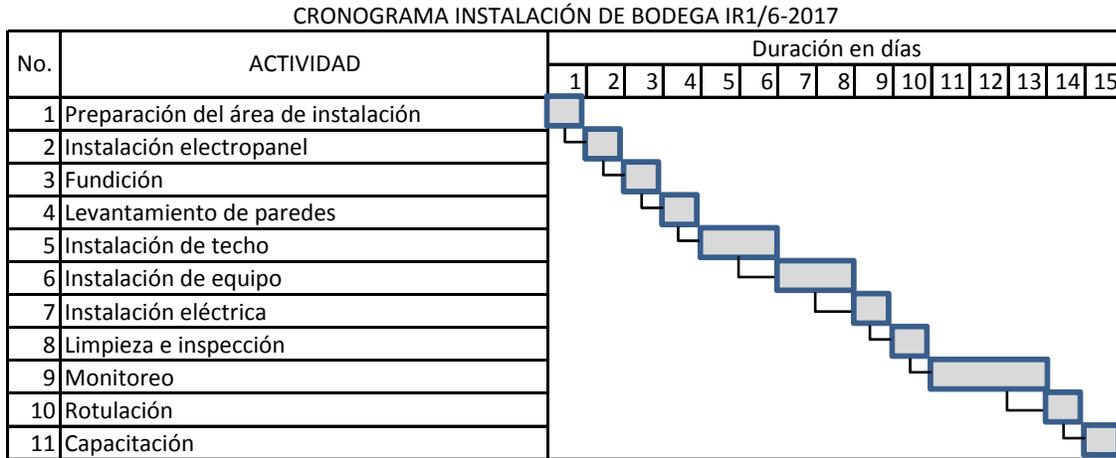
### Apéndice 1. Resumen del costo total

<b>COSTO TOTAL</b>			
No.	Descripción	Cantidad	Total
1	Costo de obra civil	7 ítems	Q 88 689.00
2	Costo sistema de refrigeración	9 ítems	Q 31 197.00
3	Costo de mano de obra	4 ítems	Q 2 960.00
4	Costos indirectos de fabricación	4 ítems	Q 2 196.00
			Q 125 042.00

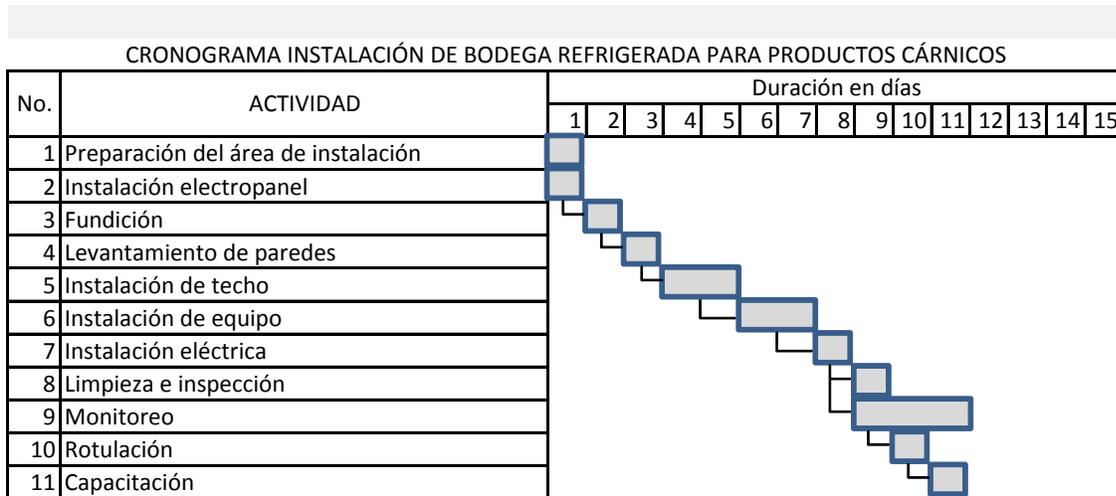
Fuente: elaboración propia.

Adicionalmente, para verificar si el tiempo establecido para la instalación de la bodega refrigerada para productos cárnicos es competitivo y realista, se compara con el tiempo de instalación de una bodega refrigerada con dimensiones similares, utilizando los mismos recursos, aunque el equipo de refrigeración tiene características diferentes debido al tipo de producto a almacenar.

## Apéndice 2. Comparación de tiempo en cronograma



**Duración total en días 15**



**Duración total en días 11**

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura anterior, la diferencia en tiempo es de 4 días y radica en la optimización del tiempo al coordinar actividades simultáneas.

## ANEXO

Las imágenes a continuación muestran vestimenta diseñada para trabajos en almacenes de frío, cámaras frigoríficas y frío industrial certificadas según normas EN 342. Estas normas especifican las exigencias y los métodos de prueba de la actuación de protección contra el frío a temperaturas inferiores a los -5 °C.

### Anexo 1. Vestimenta sugerida para trabajo en frío



Fuente: *Vestimenta sugerida para trabajo en frío*. <https://www.uniforma.net/blog/ropa-de-trabajo-para-camaras-frigorificas/>.

Consulta: noviembre de 2018.

