



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**PROPUESTA DE GUÍA TÉCNICA PARA LA PLANEACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE
INSTALACIONES DE ENFRIAMIENTO (CUARTOS FRÍOS)**

José Andréé Velasquez Pineda

Asesorado por el Ing. Denizard Aqueche Medrano

Guatemala, octubre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE GUÍA TÉCNICA PARA LA PLANEACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE
INSTALACIONES DE ENFRIAMIENTO (CUARTOS FRÍOS)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JOSÉ ANDREÉ VELASQUEZ PINEDA

ASESORADO POR EL ING. DENIZARD AQUECHE MEDRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
EXAMINADOR	Ing. Luis Estuardo Saravia Ramírez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROPUESTA DE GUÍA TÉCNICA PARA LA PLANEACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES DE ENFRIAMIENTO (CUARTOS FRÍOS)

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería civil, con fecha 6 de octubre de 2017.

José Andreé Velasquez Pineda

Guatemala, 21 de marzo de 2018

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director
Escuela de Ingeniería Civil
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero Montenegro Franco:

Me dirijo a usted para informarle que a la presente fecha he revisado y aprobado el trabajo de graduación, titulado:

**"PROPUESTA DE GUÍA TÉCNICA PARA LA PLANEACIÓN Y CONSTRUCCIÓN
DE INSTALACIONES DE ENFRIAMIENTO (CUARTOS FRÍOS)"**

Del estudiante universitario **JOSÉ ANDREÉ VELASQUEZ PINEDA**, con número de carné estudiantil **2011-14308**, de quien estoy fungiendo como asesor de tesis, considero que llena satisfactoriamente los requisitos para su aprobación, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular me suscribo atentamente,


Ing. Denizard Aqueche Medrano
Colegiado No. 6180

DENIZARD AQUECHE MEDRANO
Ingeniero Civil
Col. 6180



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
06 de agosto de 2018

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **PROPUESTA DE GUÍA TÉCNICA PARA LA PLANEACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES DE ENFRIAMIENTO (CUARTOS FRÍOS)** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Andreé Velásquez Pineda , quien contó con la asesoría del Ing. Denizard Aqueche Medrano.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la ingeniería nacional y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. civil Guillermo Francisco Melini Salguero
Jefe Del Departamento de Planeamiento



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
PLANEAMIENTO
U S A C

/mrrm.



Mas de 137 años de Trabajo y Mejora Continua



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Denizard Aqueche Medrano y Coordinador del Departamento de Planeamiento Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación del estudiante José Andreé Velásquez Pineda PROPUESTA DE GUÍA TÉCNICA PARA LA PLANEACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES DE ENFRIAMIENTO (CUARTOS FRÍOS) da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DIRECTOR
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, septiembre 2018

/mrm.



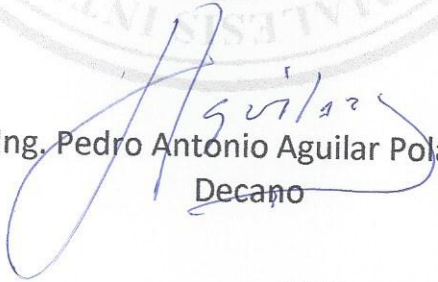
Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua



DTG. 361.2018

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 Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE GUÍA TÉCNICA PARA LA PLANEACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES DE ENFRIAMIENTO (CUARTOS FRÍOS)**, presentado por el estudiante universitario: **José Andréé Velasquez Pineda**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el dador de la vida, la fuente de sabiduría y el centro de mi vida.
- Mis padres** Por siempre creer en mí, apoyarme y darme su amor incondicional. Por alentarme a seguir adelante sin importar lo complicado de cada prueba.
- Mis hermanos** Por estar siempre apoyándome y alentándome a seguir adelante.
- Mi familia** Por su cariño y sus palabras de aliento.
- Mis abuelos** Mama Tea, y Papa Chepe, por todas sus bendiciones y cariño durante mi vida. En memoria de Papa Juan (q. e. p. d.) y en especial de Mama Noy (q. e. p. d.), a quien extrañamos mucho, por lo extraordinaria mujer que fue.
- Mis amigos** Por ser de bendición a mi vida, por su apoyo y cariño incondicional. Por ser parte de mi vida en las adversidades y en los triunfos.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Porque él es dueño y creador de todo cuanto existe, sin el nada soy, dándome el valor y la perseverancia para llegar a este momento.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por brindarme la oportunidad de formarme como profesional, estoy orgulloso de pertenecer a esta *alma mater*.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme los conocimientos y habilidades necesarias para desempeñarme como profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. CUARTOS REFRIGERADOS	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Aplicaciones de la refrigeración.....	1
1.3. Parámetros importantes para el diseño de cuartos fríos	3
1.3.1. De construcción.....	4
1.3.2. Equipamiento.....	6
1.3.3. Instalaciones especiales	9
1.4. Tamaño de la unidad de enfriamiento	10
1.5. Capacidad de almacenamiento	10
1.6. Ubicación y disposición de la instalación.....	11
1.6.1. Terreno	11
1.6.2. Servicios.....	11
2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN PARA INSTALACIONES DE ENFRIAMIENTO.....	13
2.1. Definiciones.....	13
2.2. Generalidades	14
2.3. Especificaciones.....	14

2.4.	Materiales.....	15
2.4.1.	Aislamiento.....	16
2.4.2.	Pisos	17
2.4.3.	Paredes.....	18
2.4.4.	Techos.....	19
2.4.5.	Otros	19
2.5.	Equipos	22
2.5.1.	Tipos	23
2.5.2.	Características	23
3.	PROYECTOS DE INSTALACIONES DE ENFRIAMIENTO	25
3.1.	Antecedentes	25
3.2.	Fases	25
3.3.	Componentes.....	27
3.4.	Tipos	27
3.5.	Materiales.....	28
3.6.	Equipos	30
3.7.	Diseño y construcción de obra civil	31
4.	PROPUESTA DE GUÍA TÉCNICA PARA LA PLANEACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES DE ENFRIAMIENTO (CUARTOS FRÍOS)	37
4.1.	Introducción.....	37
4.2.	Desarrollo.....	38
4.2.1.	Planeación.....	39
4.2.2.	Construcción	40
4.2.2.1.	Trabajos preliminares.....	41
4.2.2.2.	Suelos y cimientos.....	42
4.2.2.3.	Construcción de pisos de concreto	46

4.2.2.4.	Columnas.....	56
4.2.2.5.	Muros.....	58
4.2.2.6.	Techos.....	64
4.2.2.7.	Iluminación.....	67
4.2.2.8.	Anclajes	69
4.2.2.9.	Puertas	70
4.2.2.10.	Obras complementarias.....	71
4.2.2.11.	Limpieza final.....	75
4.2.2.12.	Operación y mantenimiento	75
4.2.2.13.	Fase de abandono o demolición.....	76
CONCLUSIONES		77
RECOMENDACIONES.....		79
BIBLIOGRAFÍA.....		81
ANEXOS.....		83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Vista interior de cuarto frío	2
2.	Temperaturas de operación de sistemas de enfriamiento.....	3
3.	Vista de cuarto frío	5
4.	Equipo de refrigeración	7
5.	Puerta de cuarto frío.....	8
6.	Detalle de aislamiento de suelo de cuarto frío	17
7.	Elemento prefabricado tipo panel para aislamiento	20
8.	Equivalencias entre los diferentes materiales de aislamiento térmico..	29
9.	Detalle de muros de mampostería para cuartos fríos.....	33
10.	Corte transversal de piso aislado	35
11.	Área climatizada de CombexIm	38
12.	Conformación base desuelo en cuarto frío.....	45
13.	Vista de drenajes de cuarto frío	46
14.	Fundición de concreto de piso de cuarto frío	50
15.	Detalle de armado de losa de piso de cuarto frío	51
16.	Uso de material aislante en pisos de cuartos fríos	52
17.	Base de grava para piso de cuarto frío $T \leq 0^{\circ}\text{C}$	53
18.	Vista de instalación de drenajes de cuarto frío.....	54
19.	Vista de aplicación de impermeabilizante de piso de concreto de cuarto frío	55
20.	Detalles de columnas de muros de cuarto frío	57
21.	Manejo de paneles en obra	59
22.	Paneles de aislamiento de polietileno	61

23.	Vista de construcción de muros de cuarto frío	62
24.	Vista exterior de muros de cuarto frío	63
25.	Vista de techo de cuarto frío	66
26.	Vista de drenajes de techos de cuarto frío.....	67
27.	Certificados de calidad de lámparas para cuarto frío	68
28.	Certificados técnicos de lámparas para cuarto frío	69
29.	Detalle de anclaje en cuarto frío	70
30.	Tipos de puertas de cuartos fríos.....	71
31.	Vista de casetas de equipos de cuartos fríos	72
32.	Construcción de muretes para estanqueidad del cuarto frío.....	73
33.	Detalle de bases de concreto para equipos de cuarto frío.....	74
34.	Detallesde drenajes de cuarto frío	75

TABLAS

I.	Condiciones de operación de sistemas de refrigeración.....	15
II.	Diferentes tipos de tubería de cobre	21
III.	Especificaciones de panel aislante Mono Panel 1000/B.....	28
IV.	Ficha técnica: renglón actividades preliminares.....	41
V.	Ficha técnica: renglón cimientos.....	43
VI.	Ficha técnica: renglón de conformación de suelo.....	44
VII.	Ficha técnica: renglón de construcción de pisos de concreto	47
VIII.	Categorías y clases de exposición del concreto	49
IX.	Requisitos para el concreto según la clase de exposición.....	49
X.	Ficha técnica: renglón de construcción de columnas.....	56
XI.	técnica: renglón de construcción de muros.....	58
XII.	Ficha técnica:renglón de construcción de techos	64

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
Cal	Caloría
Cal/gr °C	Calor específico
°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit
Gr	Gramos
h	Hora
Kw	Kilo watt
Lb	Libras
M	Metro
%	Porcentaje
Σ	Sumatoria
T	Temperatura
U	Unidad
W	Watt

GLOSARIO

Aire ambiental	Genéricamente hablando, el aire alrededor de un objeto. En un sistema de refrigeración doméstico o comercial en el que se cuenta con un condensador enfriado por aire, la temperatura del aire a la entrada del condensador.
Aislamiento	Cualquier método utilizado para conseguir oposición en el flujo de calor. Entre mayor sea la diferencia de temperaturas entre el ambiente externo e interno, mayor debe ser el espesor del material aislante.
Calor latente	Calor caracterizado por el cambio de estado de la sustancia en estudio, para una presión dada y siempre a temperatura constante para una sustancia pura.
Calor sensible	Es el tipo de calor que se percibe al tacto, cuando cambia de temperatura pero no cambia su estado, esto quiere decir que su entalpía es cero.
Condensación	Es el paso de un vapor a los estados líquido o sólido.
Congelación	Es conseguir una temperatura en la que el agua que contenga ese elemento cambie su estado de líquido a sólido.

Cuarto frío	Es un espacio con temperaturas muy inferiores a las de su alrededor, hoy en día se utiliza mucho en la mayoría de procesos industriales y de investigación.
Empaque	Modo de almacenamiento de varios envases que guardan un producto, el empaque debe permitir un fácil manejo y organizar los envases de manera cómoda.
Enfriamiento	Aplicación moderada de refrigeración, sin llegar a la congelación.
Envase	Modo inicial de protección de un producto, la mayoría son normalizados y suelen guardar una cantidad entera de masa o volumen. Los envases permiten un manejo individual pero también deben ser diseñados pensando en el empaque al que vayan a ser sometidos.
Estanquidad	Capacidad de un elemento para un perfecto sellado entre uniones.
Impermeabilidad	Propiedad de la unión de dos cuerpos para impedir el paso de líquidos a través de estos.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recurso Naturales

Proyecto de construcción

Conjunto de cálculos y dibujos que se hacen para planificar y ejecutar lo que ha de ser una obra de arquitectura o de ingeniería.

Refrigeración

Es la acción y efecto de refrigerar. Este verbo hace referencia al hecho de hacer más fría una habitación, una sala u otra cosa a través de medios artificiales. Por extensión, refrigerar es enfriar en cámaras especiales distintos alimentos o productos para su conservación.

Sistema de refrigeración

Combinación de partes contenidas interconectadas en las cuales un refrigerante está circulando con el propósito de extraer calor.

Unidad Térmica Británica (BTU)

Calor requerido para producir aumento en la temperatura de 1°F en 1 libra de agua. El significado de BTU es 1/180 de la energía requerida para calentar agua de 32°F a 212 °F.

RESUMEN

Los sistemas de enfriamiento tienen un amplio uso y demanda en la industria y comercio, ya que contribuyen a que diferentes productos puedan ser almacenados en las condiciones de temperatura adecuadas, forman parte de las tecnologías revolucionarias en el área de comestibles y el área de la salud y medicina. En Guatemala se utilizan en una variedad de lugares, como hoteles, restaurantes, fábricas de alimentos, hospitales, entre otros.

En el desarrollo de proyectos de instalaciones de enfriamiento y obra civil, tienen que considerarse especificaciones, materiales, procesos y costos de construcción particulares. En su diseño se deben considerar aspectos como la cantidad de producto destinado a almacenar, tiempo que el producto permanecerá en el cuarto frío, el producto a almacenar, las dimensiones de dicho cuarto, cantidad de personas que estarán en el cuarto y ubicación del cuarto. Se pueden construir de acuerdo a las necesidades del cliente.

En el presente trabajo de graduación se presenta una propuesta de guía técnica para la planeación y construcción de instalaciones de enfriamiento (cuartos fríos), que incluye consideraciones para su diseño y construcción, así como recomendaciones mínimas necesarias a tomar en cuenta al momento de construir, ampliar o remodelar un área para habilitarla como cuarto frío, que pueda ser utilizada por estudiantes y profesionales interesados en el tema.

OBJETIVOS

General

Elaborar una propuesta de guía técnica para la planeación y construcción de instalaciones de enfriamiento (cuartos fríos), que pueda servir de referencia para estudiantes y profesionales de la ingeniería.

Específicos

1. Presentar los criterios básicos para el diseño y construcción de la obra civil de instalaciones de enfriamiento (cuartos fríos).
2. Conocer sobre materiales y algunos términos importantes relacionados con los sistemas de enfriamiento.
3. Identificar los principales usos de los sistemas de enfriamiento.
4. Conocer los componentes de los proyectos de diseño y construcción de instalaciones de enfriamiento.

INTRODUCCIÓN

Las instalaciones de enfriamiento (cuartos fríos) forman parte de las tecnologías revolucionarias en el área de comestibles y el área de la salud y medicina.

En el capítulo uno se presenta información importante sobre el diseño y construcción de cuartos refrigerados, como los antecedentes y aplicaciones de la refrigeración, parámetros de diseño, entre otros. Las consideraciones de diseño y construcción se incluyen en el capítulo dos, abordando generalidades, especificaciones, materiales y equipos de este tipo de instalaciones.

En el capítulo tres se abordan diferentes aspectos sobre proyectos de instalaciones de enfriamiento, detallando las fases, componentes, diseño y construcción, entre otros. La propuesta de guía técnica para la planeación y construcción de instalaciones de enfriamiento (cuartos fríos) se desarrolla en el capítulo cuatro.

Al final se incluyen las conclusiones y recomendaciones elaboradas en este trabajo de graduación.

1. CUARTOS REFRIGERADOS

1.1. Antecedentes

Los primeros intentos por obtener condiciones de enfriamiento mecánicos fueron por evaporación de un líquido volátil; sin embargo, la primera máquina operativa fue de expansión de aire. La obtención de frío por evaporación se dio por primera vez en Glasgow en 1700, por el ingeniero William Cullen. La primera máquina de refrigeración que funcionó comercialmente fue en el año 1844 en EEUU, creada por John Gorrie.

1.2. Aplicaciones de la refrigeración

“En la actualidad todo tipo de industrias y servicios, requieren áreas destinadas para almacenamiento de una gran variedad de productos y materiales, las que son construidas bajo diseño y cuentan en su estructura con paneles/módulos aislantes o térmicos. El cuarto frío es el lugar determinado para la manipulación de productos frescos y productos no elaborados. También es uno de los lugares de recepción de mercancías para que posteriormente sean ordenados”.¹

La construcción de sistemas de enfriamiento debe ser versátil, esto debido a las diferentes necesidades de cada cliente, por lo que se adapta según requerimientos y dimensiones; esto a diferencia de los congeladores

¹ *Definición de cuarto frío.* www.cuartofrio.mx/definicion-de-cuarto-frio/. Consulta: noviembre de 2017.

industriales, los cuales vienen en un tamaño y propósito estándar, generalmente son pequeños, lo que limita el almacenamiento.

Figura 1. **Vista interior de cuarto frío**

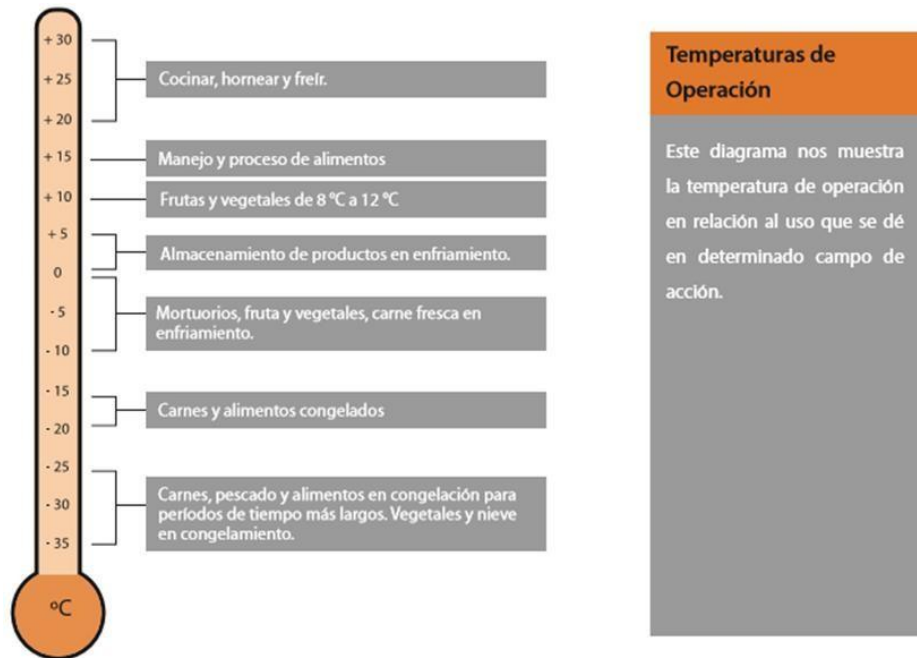


Fuente: *Vista interior de cuarto frío*. <http://blog.360gradosenconcreto.com/recomendaciones-de-construccion-para-pisos-en-camaras-de-refrigeracion-y-congelados/>. Consulta: noviembre de 2017.

De acuerdo con la temperatura requerida, los cuartos fríos se dividen de la siguiente manera:

- Refrigerados: mantienen temperaturas por encima de 0°C.
- Congelados: mantienen temperaturas negativas, es decir, por debajo de los 0°C.

Figura 2. **Temperaturas de operación de sistemas de enfriamiento**



Fuente Manual INSULPANEL. Cuartos fríos. <<http://www.fanosa.com>>. Consulta: octubre de 2017.

1.3. **Parámetros importantes para el diseño de cuartos fríos**

Para una correcta planeación, diseño y construcción, los cuartos fríos se diseñan conjuntamente con el apoyo del cliente. Es necesario contar con información general sobre las características del proyecto en su conjunto, hay criterios y parámetros que son necesarios al inicio de este tipo de proyectos. A continuación se presentan algunos de los datos necesarios:

- Recursos y área disponible.

- Disponibilidad y condiciones de los servicios públicos con los que se cuenta.
- Sobre el producto o servicio, condiciones de empaque, temperaturas de entrada y salida, tiempo de proceso, cantidad de personas, si tienen o no equipos dentro de los cuartos fríos, condiciones de humedad, entre otros.
- Cualquier otra variable que se deba considerar para el diseño del mismo y las características especiales que llevará dicho espacio.

De acuerdo al diseño de las instalaciones, en el área donde se instalarán los equipos de refrigeración, se construyen con una cimentación adecuada para soportar el peso y la vibración generada por los compresores de estos equipos.

1.3.1. De construcción

Los tiempos de construcción dependen de la magnitud de la obra, espacios y requerimientos; se deben tener bases para empezar con la construcción de sistemas de enfriamiento. Generalmente los cuartos fríos incluyen tres componentes fundamentales:

- Paneles: de acuerdo con sus materiales de construcción, evitan pérdidas térmicas aislando el interior del exterior del cuarto y manteniendo así su contenido a la temperatura necesaria para su conservación durante el tiempo requerido.

Pueden ser de diferentes polímeros y acabados, entre ellos acero inoxidable, lámina galvanizada, entre otros. Los costos de los aislantes varían según el tipo.

El espesor en muros dependerá de la temperatura que se requiera dentro del cuarto frío, ya sea un cuarto con temperatura de confort, cuarto conservador o cuarto congelador.

- Pisos y techos: se pueden utilizar diferentes materiales de acuerdo a las características de cada proyecto o también diseñar paneles especiales para este fin.

Muchas de las instalaciones para enfriamiento son de mampostería reforzada, construidas con bloques de concreto con refuerzos en su perímetro para soportar las cargas producidas por las paredes.

De acuerdo a las condiciones del cuarto frío de refrigeración o de congelamiento, es usual que el concreto experimente una mayor contracción-dilatación.

Figura 3. **Vista de cuarto frío**



Fuente: archivo personal, visita a proyecto de Departamento de Guatemala, 2017.

Suelos: varían en diseño y materiales, de acuerdo a los criterios de diseño térmico, puesto que el criterio para su uso es según el rendimiento en frío de la cámara dentro de la cual se instalan.

La necesidad de aislar el piso puede parecer a veces innecesaria y en cambio incrementa de una forma significativa los costos. Si el cuarto frío se emplea para largos períodos de tiempo de almacenamiento, es importante que el piso esté aislado.

En algunos casos, sobre todo en cámaras de congelados, es indispensable instalar una capa de material granular con gradación abierta para generar una cámara de aire en la parte inferior.

1.3.2. Equipamiento

Los sistemas de refrigeración son clasificados por la cantidad de calor que mueven o desplazan en una longitud determinada de tiempo. El control de la temperatura adecuada es esencial para mantener la calidad del producto o servicio, mediante la construcción y el mantenimiento de los cuartos fríos se puede reducir substancialmente el costo total proveniente del uso de este tipo de estructuras. Los principales componentes de un cuarto frío son:

- El compresor
- El condensador
- La válvula de expansión
- El evaporador

Figura 4. **Equipo de refrigeración**



Fuente: archivo personal, visita a proyecto de Departamento de Guatemala, 2017.

Las puertas son una de las partes críticas de un cuarto frío; puertas mal construidas o en mal estado ocasionan grandes pérdidas de energía, deben tener mucho más material aislante que las paredes y deben poseer bandas plásticas para reducir la posible filtración de aire caliente a la estructura. Los seguros de las puertas deben proveer buen sellamiento, una puerta deslizante es mucho más fácilmente aislable que dos puertas tradicionales.

Figura 5. **Puerta de cuarto frío**



Fuente: archivo personal, visita a proyecto de Departamento de Guatemala, 2017.

Las principales características de las puertas para cuartos fríos son las siguientes:

- Acceso rápido y flexible.

Deben incluir empaques adecuados para formar un sello alrededor de la abertura de la puerta.

- Para evitar la acumulación de hielo o condensación en los marcos de las puertas en cuartos que operen a temperaturas por debajo de los 0°C deberán instalarse bandas calefactoras.
- Deberán tener instalados sistemas de seguridad en el interior que permitan su apertura en caso de cierre accidental o en el caso de puertas automáticas o interrupciones en el suministro eléctrico.
- Se recomienda la instalación de cortinas plásticas (hawaianas) para reducir el ingreso de aire ambiente.

1.3.3. Instalaciones especiales

Para los sistemas de enfriamiento es recomendable tener alimentación 220 trifásica, ya que esta genera ahorro en consumo en los cuartos fríos, de lo contrario se puede trabajar a 220 bifásica o a 110V.

De acuerdo al tipo de proyecto, deben utilizarse gabinetes de almacenamiento cerrado, es ideal crear y organizar un espacio de trabajo seguro y eficiente. Su construcción consiste en un marco reforzado de acero inoxidable y tablillas ajustables o fijas dependiendo del modelo que se necesite.

Por el peso considerable de estos equipos, es recomendable su anclaje adecuado para su inmovilización, ya que pueden deslizarse del lugar a causa de la vibración emitida por el compresor, y no así la tubería de succión y líquido, que puede quebrarse por fatiga y torsión. Para la fijación de las unidades condensadoras existen diferentes tipos de anclajes.

1.4. Tamaño de la unidad de enfriamiento

Las dimensiones se establecen con base en el proyecto o las necesidades del cliente, considerando que el espesor en muros dependerá de la temperatura que se requiera dentro del cuarto frío, ya sea un cuarto con temperatura de confort, cuarto conservador o cuarto congelador.

La inversión necesaria para la planeación y construcción de un cuarto frío tiene un costo inicial alto, un exceso en el dimensionamiento del espacio de almacenamiento ocasionará gastos innecesarios de energía y de dinero.

1.5. Capacidad de almacenamiento

La capacidad de almacenamiento del sistema de enfriamiento es importante, ya que es uno de los mayores beneficios de la instalación de enfriamiento. La capacidad de enfriamiento y la de almacenamiento dependen del tamaño de la estructura y de la capacidad del sistema de refrigeración.

El tamaño correcto de una unidad de refrigeración se determina por tres factores:

- El volumen de producto a ser enfriado y su empaque.
- El tiempo mínimo requerido de enfriamiento desde el comienzo al final del mismo.

La naturaleza del diseño constructivo de la unidad de refrigeración, es decir su tamaño, el sistema de manejo del aire y su operación.

1.6. Ubicación y disposición de la instalación

Por el tipo de clientes, de servicios y usuarios de las instalaciones de enfriamiento, generalmente su ubicación se da en instalaciones ya existentes o bajo criterios de carácter económico o social. Cuando sea el caso, la ubicación de las instalaciones de enfriamiento debe ser considerada de acuerdo a diferentes criterios, considerando aspectos como clima, accesibilidad, posibles problemas de ruido, entre otros.

1.6.1. Terreno

Una de las limitaciones técnicas y económicas más importantes en los proyectos de instalaciones de enfriamiento es el espacio disponible. De preferencia el terreno debe contar con vías de acceso adecuadas para el transporte o el público visitante; se debe considerar el tráfico interno en el proyecto, así como las áreas de estacionamiento.

1.6.2. Servicios

Se requieren servicios de drenaje y agua potable y servicios de electricidad adecuados. Para grandes cuartos fríos, que generalmente requieren más de 10 toneladas de refrigeración en una sola unidad, debe disponerse de instalaciones trifásicas.

2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN PARA INSTALACIONES DE ENFRIAMIENTO

2.1. Definiciones

- Refrigeración es la acción y efecto de refrigerar, refrigerar es enfriar en cámaras especiales distintos alimentos o productos para su conservación. Existen diversos tipos de sistemas o dispositivos de refrigeración.
- Refrigerante: es la propiedad que tiene cualquier fluido al que se le puede cambiar de estado de un líquido (alta presión) a un gas, puesto que el enfriamiento se obtiene por la evaporación de este líquido. Se le designa por un sistema uniforme de codificación numérica.
- Frigoríficos, cámaras de refrigeración: constituyen un área confinada por elementos aislantes que disminuyen el flujo de calor mediante un dispositivo de refrigeración. La temperatura promedio para refrigeración va de 4 a 0°C y la temperatura de congelación varía de 20 a 30°C.

Cuarto frío es el lugar determinado para la manipulación de productos frescos y productos no elaborados. Es un lugar de recepción y almacenamiento de mercancías para que posteriormente sean distribuidas.

2.2. Generalidades

Los sistemas de refrigeración consisten en adecuaciones mecánicas que usan las propiedades termodinámicas para realizar un intercambio de energía en forma de calor entre dos o más cuerpos. En los proyectos de instalaciones de refrigeración (enfriamiento) se deben utilizar criterios técnicos en el diseño y construcción, así como los que se refieren a los materiales a utilizar en paredes, pisos y techo, según la aplicación del cuarto frío, de acuerdo a los datos calculados y utilizando tablas y catálogos.

En la construcción de cuartos fríos se incluyen diferentes especialidades (profesionales, técnicos, entre otros) y componentes en obra. Estos deben ser coordinados entre sí durante la ejecución, los principales son:

- Obra civil, albañilería, preparación del suelo
- Estructuras metálicas
- Instalación frigorífica
- Aislamiento térmico y estanqueidad
- Instalación eléctrica de media y baja tensión

2.3. Especificaciones

En el diseño y construcción de sistemas de enfriamiento se deben considerar las características constructivas de cada uno de los componentes del sistema. Las cámaras frigoríficas influyen directamente en la capacidad de refrigeración, o sea, tienen influencia directa en el aumento o reducción del consumo eléctrico de la instalación.

Es fundamental el cumplimiento de las normas y regulaciones que aplican al proyecto y el proceso de construcción, considerando aspectos sobre el diseño de piso, hermeticidad, aislamiento, sistema de refrigeración y una distribución adecuada de sus instalaciones. Deben seguirse todas las recomendaciones para la instalación de cada uno de los componentes y accesorios dados por los fabricantes, de preferencia la instalación debe ser efectuada únicamente por personal calificado.

Tabla I. **Condiciones de operación de sistemas de refrigeración**

Condición	Temperatura °C
Confort	De 21 a 27
Conservador	De 0 a +15
Congelador	De 0 a -30

Fuente: elaboración propia.

2.4. Materiales

Los materiales aislantes, las paredes, pisos y techos son elementos constructivos importantes, ya que protegen el espacio interior contra los efectos de temperaturas fuera del rango de almacenaje (de productos perecederos) y de la intemperie.

Cualquier objeto de madera que entre en contacto con el piso de concreto requiere ser tratado para evitar los daños debidos a su largo período en contacto con agua.

2.4.1. Aislamiento

Los aislamientos térmicos en cuartos fríos son necesarios e imprescindibles para evitar el ingreso de energía térmica del ambiente exterior al cuarto y que generan consumos altos de energía, fallos en el compresor por desgaste en las partes móviles del dispositivo de refrigeración, debido al mayor uso generado para compensar el calor que entra al espacio refrigerado y para garantizar que todo el cuarto se mantenga en la temperatura deseada.

La función de aislamiento térmico se logra utilizando materiales aislantes como poliestireno y poliuretano expandido. La espuma rígida del poliestireno es el material más utilizado en la actualidad para el aislamiento de cuartos fríos.

De acuerdo a las características de cada proyecto, el espesor del aislamiento que se requiere puede calcularse exactamente basándose en la temperatura de operación, la temperatura promedio de la localidad y la entrada de calor a través de muros y techo que se considera en la selección del equipo de refrigeración. En la práctica el espesor aislante se selecciona de tablas preparadas en función de las temperaturas de operación.

A continuación se presentan valores de los diferentes coeficientes de conductividad térmica de los materiales de aislamiento para cámaras frigoríficas:

- Poliuretano inyectado de densidad $40 \text{ K/m}^3 = 0,016 \text{ Kc/h m}^\circ\text{C}$
- Poliuretano = $0,020 \text{ Kc/h m}^\circ\text{C}$
- Poliestireno = $0,025 \text{ Kc/h m}^\circ\text{C}$
- Fibra mineral = $0,027 \text{ Kc/h m}^\circ\text{C}$
- Poliestireno estruido = $0,028 \text{ Kc/h m}^\circ\text{C}$

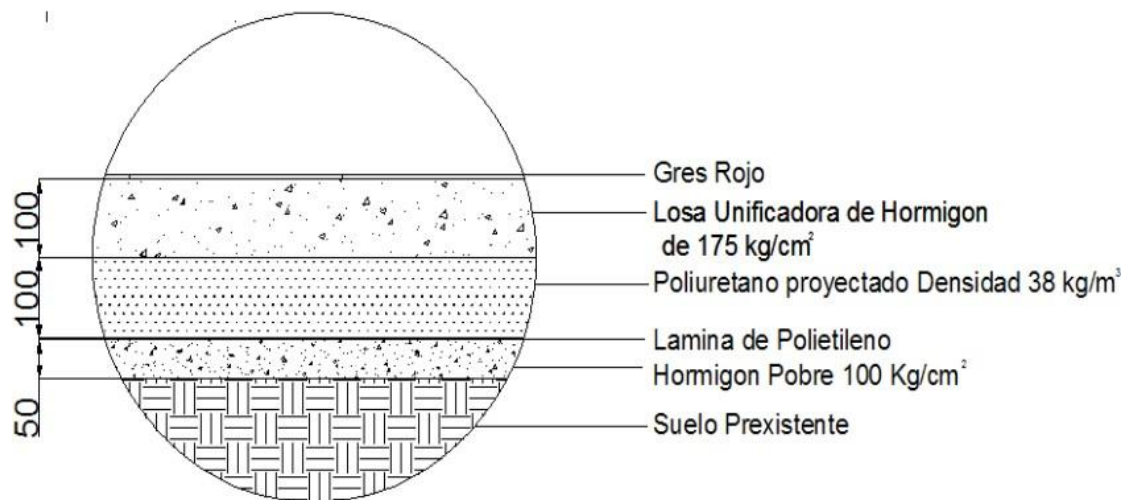
- Fibras de madera o corcho= $0,035Kc/h m ^\circ C$

2.4.2. Pisos

Los pisos de las instalaciones de enfriamiento son elementos constructivos importantes, protegen el espacio interior contra los efectos de temperaturas y de la intemperie.

- Cuando la temperatura interior del cuarto frío es mayor a $0^\circ C$ no se requiere aislar los pisos.
- Cuando la temperatura interior del cuarto frío es igual a $0^\circ C$ se recomienda aislar los pisos.

Figura 6. **Detalle de aislamiento de suelo de cuarto frío**



Fuente: YAX PÉREZ, David Ottoniel. Automatización de cuartos fríos para ahorro energético. p.

Algunas veces durante el servicio los pisos deben soportar grandes cargas y resistir el uso pesado en un ambiente húmedo, por esto dependen en buena medida del uso de aislantes de calidad. Además:

- Deben contar con un buen drenaje en la estructura, por lo que generalmente se construye sobre un lecho de gravas.
- Deben contar con drenajes interiores para evacuar adecuadamente el agua con que se limpia la instalación y el agua producida por la condensación.
- En el drenaje exterior de la cámara frigorífica, la unión de las evacuaciones de agua tiene que evitar la formación de charcos de agua en el suelo de la cámara frigorífica.

2.4.3. Paredes

Las paredes son elementos constructivos que protegen el espacio interior contra los efectos de temperaturas y de la intemperie en las instalaciones de enfriamiento; es común el uso de paneles aislantes prefabricados para la construcción de paredes. En el caso de utilizar mampostería, los materiales que componen la pared son los siguientes:

- Acabados exteriores, con coeficiente de transmisión de calor k_1
- La mampostería de *block* o ladrillos macizos k_2
- Las barreras de vapor k_3
- Los aislamientos k_4
- Acabados interiores k_5

2.4.4. Techos

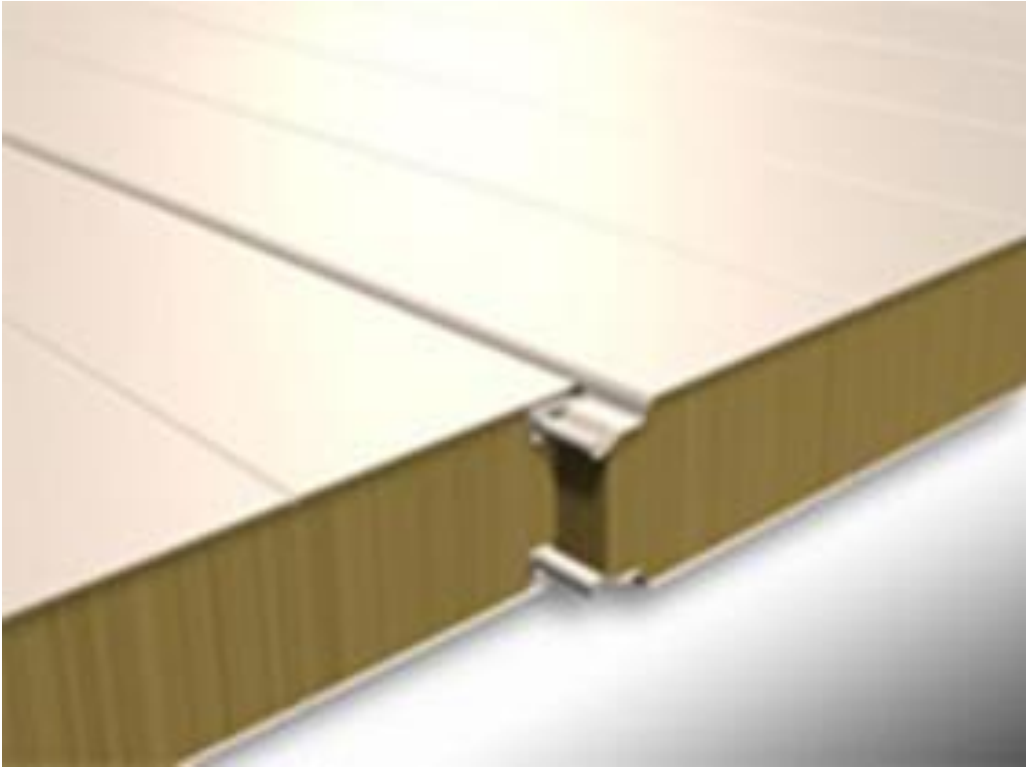
Las instalaciones de refrigeración deben estar protegidas siempre por una cubierta; al igual que las paredes y pisos, los techos de los cuartos fríos son elementos constructivos importantes. Es común el uso de paneles aislantes prefabricados para la construcción de techos aislados, estos permiten la realización por unión entre ellos de paredes, suelos y techos aislados.

El valor del parámetro del flujo de calor que puede pasar a través del aislamiento para conseguir un aislamiento energético ideal se puede establecer en 6 ó 7 kc/h m² para cámaras frigoríficas de congelación, y de 7 u 8 kc/h m² para cámaras frigoríficas de refrigeración.

2.4.5. Otros

A menudo en las instalaciones de enfriamiento son necesarios accesorios complementarios como: puertas, iluminación y estanterías; muchas veces se requiere almacenar diferentes cantidades de todo tipo de productos o servicios; para esto existen diferentes métodos o sistemas de almacenamiento, los que existen en diferentes modelos, su uso depende de las características de los productos a almacenar, las cantidades y la rotación asociada a los mismos.

Figura 7. **Elemento prefabricado tipo panel para aislamiento**



Fuente: *Elemento tipo panel*. <https://www.camarasfrigorificas.es/blog/materiales-utilizados-en-el-aislamiento-termico-de-camaras-frigorificas/>. Consulta: noviembre de 2017.

Toda la herrería de metal que se utilice en las instalaciones de enfriamiento, bien sea de la construcción o esté expuesta a condiciones que puedan oxidar el metal de base, debe protegerse muy bien con un grueso galvanizado, metalizado u otro procedimiento.

El tubo de cobre es uno de los elementos más utilizados en la refrigeración, ya que es el que suministra el transporte del refrigerante en forma de líquido y vapor, sin embargo, no cualquier tubería de cobre se puede usar en refrigeración.

Tabla II. **Diferentes tipos de tubería de cobre**

Tipo/temple	Longitud de tramo (m)	Campo de aplicación
"M"Rígido	6,1	En instalaciones hidráulicas de agua fría y caliente para casas y edificios habitacionales y comerciales, en general donde las presiones de servicio son normales. Disponible en diámetros comerciales de 3/8" a 4".
"L"Rígido	6,1	Se ocupa en instalaciones de gas, tomas domiciliarias, redes de agua fría y caliente, en líneas principales de edificios de gran altura o que requieran de bastante presión. Disponible en diámetros comerciales de 3/8" a 4".
"K"Rígido	6,1	Por sus características se recomienda en instalaciones de tipo industrial en la conducción de líquidos y gases en condiciones severas de presión y temperatura. Disponible de 3/8" a 2".
"L" Flexible	18,3	Se utiliza en tomas domiciliarias, tendidos de redes en el subsuelo, instalaciones de gas y aire acondicionado, entre otros. En diámetros nominales de 1/4" a 1".
Refrigeración	15,24	Se recomienda en instalaciones especiales de refrigeración. Esta tubería se caracteriza por ser deshidratada y por tener sus puntas selladas. Se puede encontrar en diámetros de 1/8" a 3/4".
Usos generales	15,24	En instalaciones de gas, tomas domiciliarias, redes de agua fría y caliente. En líneas principales de edificios de gran altura o que requieran de gran presión. Se encuentra de 1/8" a 3/4" de diámetro.

Fuente: OCHOA GALINDO, Douglas Engemberth. *Instalación de equipos de refrigeración industrial*. p. 93.

Cuando la tubería tiene un cambio de dirección, como un codo de 90°, las esquinas no se deben dejar sin soporte, dichos soportes deben instalarse a un máximo de 60 cm (2 pies) en cada una de las dos direcciones o su equivalente de 10 diámetros que forman la esquina.

En la mayoría de soldadura de tubo de cobre tipo L, se utiliza un equipo de soldadura oxiacetileno completo con diferentes números de boquillas para los diferentes diámetros de tubería. En las tuberías de refrigeración, una vez instaladas e inspeccionadas contra fugas, se procede a aislar tanto las tuberías de succión como de líquido. En el mercado nacional existen una variedad de fabricantes para el aislamiento de tubería, lo anterior es el procedimiento recomendable para el buen aislamiento de las tuberías de refrigeración, cuando la misma es una instalación nueva.

Los tubos de diferentes tipos de plástico presentan una excelente resistencia a la corrosión en cualquier tipo de medio, por esta razón se han ido imponiendo también en las conducciones eléctricas y de gas. Las tuberías plásticas admiten distintas clasificaciones dependiendo del material con el que estén fabricadas o el uso al que se destinen.

2.5. Equipos

La tecnología de los equipos frigoríficos industriales ha ido evolucionando con el objetivo de buscar la mayor eficiencia y rendimiento de los equipos, en el mercado nacional se pueden encontrar equipos frigoríficos de diferentes fabricantes.

Los fabricantes de equipos de refrigeración brindan información para operar adecuadamente y producir la capacidad especificada de sus equipos, cuando se instalen de acuerdo con una buena práctica de refrigeración recomendada. Casi siempre es necesario el uso de tablas y catálogos para la selección de los elementos y accesorios de refrigeración. Luego de terminar de determinar la carga en BTUH requerida, se procede a escoger el modelo de la

unidad condensadora y evaporadora, que de la capacidad correspondiente para obtener el rendimiento frigorífico necesario.

2.5.1. Tipos

- Según el lugar de instalación, hay condensadores con descarga de aire vertical y horizontal; de acuerdo a la conveniencia del proyecto, se puede elegir cualquiera de estos dos modelos
- En el mercado nacional hay una gran diversidad de evaporadores, según la aplicación se pueden mencionar los siguientes tipos:
 - Evaporadores de sistema húmedo o inundado.
 - Evaporadores de sistema semi-inundado.
 - Evaporadores de sistema seco, son los que más se utilizan en la industria, son ideales para la conservación y congelación de frutas, verduras y otros.

2.5.2. Características

Para un buen rendimiento de este equipo, se requiere que la instalación se haga en un lugar donde no se tenga una gran presión atmosférica, esto quiere decir que el lugar tenga una buena circulación de aire, ya que sin el aire de renovación puede causarse falla en el equipo, por la baja eficiencia de transferencia de calor.

De la misma manera, se debe evitar la instalación de este equipo cerca de otras fuentes de calor y ubicar las unidades condensadoras en áreas donde no se perjudique el ruido generado por la maquinaria.

3. PROYECTOS DE INSTALACIONES DE ENFRIAMIENTO

3.1. Antecedentes

La refrigeración consiste en reducir y mantener la temperatura de un espacio determinado por debajo de la temperatura ambiente, los rangos de temperatura dependen del producto por almacenar. Las instalaciones de enfriamiento (refrigeración), son el conjunto de cuartos fríos aislados térmicamente que guardan productos a distintas temperaturas y humedades relativas, la instalación frigorífica suele alimentarse de un solo compresor y un solo condensador, y de varios evaporadores para cada cuarto.

La construcción de cuartos fríos se adapta a la necesidad del cliente, se adecua según requerimientos y dimensiones para una correcta planeación e instalación, los cuartos fríos se diseñan ayudados por el cliente. Para los proyectos de construir, ampliar, modernizar o rediseñar instalaciones de refrigeración es necesario contar con el personal, recursos y experiencia en los diferentes componentes.

3.2. Fases

Como cualquier proyecto, la construcción de una instalación de refrigeración incluye las siguientes fases:

- **Planificación:** intervienen el cliente, el profesional encargado de las instalaciones de refrigeración y la empresa constructora. Se deben considerar los siguientes aspectos:

- Uso de la instalación.
- Tipo de producto a manejar.
- Cantidad máxima de producto.
- Temperatura y humedad deseadas.
- Tiempos de enfriamiento.
- Otras cargas internas presentes (iluminación, salas de manipulación, otras).

Una de las limitaciones técnicas y económicas más importantes que pueden surgir en la concepción y el diseño de una instalación frigorífica es el espacio disponible.

Antes de la construcción de un cuarto frío se realiza el cálculo térmico para conocer la carga de calor a manejar y seleccionar la capacidad del equipo refrigerante que deberá mantener continua la temperatura óptima.

- Diseño: de acuerdo a los requerimientos del cliente, especificaciones técnicas, tipos de equipos y materiales a utilizar, definiendo las bases y características del diseño de la instalación.

Es fundamental el cumplimiento de las normas y regulaciones que aplican al proyecto y el proceso de construcción. Antes de comenzar la construcción, se deben conocer las normas, leyes y códigos pertinentes a la construcción y disposición de sistemas eléctricos, de salud de los trabajadores y de manejo y almacenamiento de productos.

- Cálculo: de acuerdo a los criterios técnicos establecido en los estudios previos, incluye dimensionado, cálculo y selección de los equipos y

componentes, diseño de instalaciones de la obra civil, considerando especificaciones técnicas, tipos de equipos y materiales a utilizar.

- **Construcción:** los problemas de obra civil en la construcción de instalaciones de refrigeración están directamente relacionados con las instalaciones técnicas a realizar. Actualmente un porcentaje muy alto de las construcciones se lleva a cabo con estructura metálica, por lo que se tienen que tener en cuenta las cargas y sobrecargas involucradas, así como el tipo de estructuras utilizadas.
- **Operación y mantenimiento.**

3.3. Componentes

Una instalación de refrigeración está integrada por una estructura envolvente, aislamiento y el sistema de refrigeración. Sus accesorios complementarios incluyen puertas, iluminación y anaqueles, entre otros. Según la dimensión, tipo y uso de la instalación, la estructura envolvente puede ser de mampostería, prefabricados interiores o paneles y estructuras exteriores.

3.4. Tipos

Dependiendo del proyecto en donde se van a instalar los equipos de refrigeración, se presentan las diferentes situaciones en función al tipo y características del equipo a instalar.

3.5. Materiales

La estructura de una instalación de refrigeración puede ser de mampostería, prefabricados interiores o paneles y estructuras exteriores. Actualmente los cuartos de mampostería están siendo sustituidos por elementos prefabricados o modulares conformados por paneles de PVC que ofrecen ventajas por la rapidez de instalación, limpieza de obra, alta calidad y largo promedio de vida con mínimo mantenimiento.

Tabla III. **Especificaciones de panel aislante Mono Panel 1000/B**

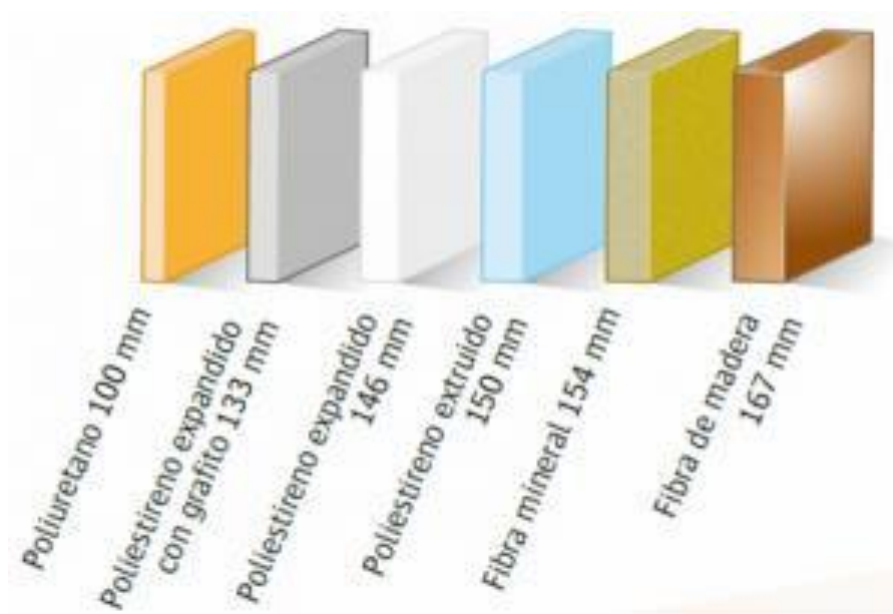
Especificación	Valor			
Espesor del panel (mm)	30	40	50	60
Coeficiente global de transmisión de calor (Watt/m ² °C)	0,65	0,50	0,41	0,34
Ancho útil del panel (m)	1			
Longitud del panel (m)	12 m longitud máxima estándar			
Material Aislante	Poliuretano expandido de alta densidad			
Configuración de las juntas	Macho-Hembra			
Pintura	Recubrimiento con base de poliéster con resistencia normal a ambientes agresivos y buen comportamiento durante el proceso de fabricación y montaje.			

Fuente: elaboración propia, con base en ficha técnica Mono Panel 1000/B.

Los paneles *sándwich* utilizados en instalaciones de cámaras frigoríficas varían su peso en función del espesor y por tanto de su poder o necesidad de aislamiento térmico. Es fundamental elegir correctamente el aislamiento térmico en la construcción de una cámara frigorífica, se debe prestar atención a los siguientes aspectos:

- Tipo de material aislante
- Espesor del panel *sándwich*
- Pérdidas de calor a través del panel *sándwich*
- Proceso constructivo del aislamiento térmico
- Densidades utilizadas
- Sistemas de unión en juntas

Figura 8. **Equivalencias entre los diferentes materiales de aislamiento térmico**



Fuente: *Equivalencias de aislamiento térmico*. <https://www.camarasfrigorificas.es>. Consulta: noviembre de 2017.

De acuerdo con la figura anterior, es evidente que el panel *sándwich* de poliuretano constituye el mejor aislamiento térmico. En el diseño de paneles *sándwich* deben considerarse las siguientes cargas:

- Peso propio.
- Sobrecargas para las actividades de servicio y mantenimiento.
- Cargas puntuales.
- Sobrecargas por condiciones climáticas, si alguna pared de la cámara da al exterior, prever la acción del viento y posibles acciones climatológicas diversas.

3.6. Equipos

Las instalaciones de refrigeración requieren del siguiente equipo para funcionar:

- **Compresor:** este elemento es generalmente impulsado por un motor eléctrico. Es el componente más costoso y el que consume más del 80% de la energía eléctrica del equipo; se encarga de presurizar el gas en el sistema y actúa como una bomba que aspira el refrigerante.

Condensador: este componente consiste en un serpentín con aletas metálicas y uno o más ventiladores que impulsan aire al ambiente para enfriar el vapor refrigerante caliente y condensarlo a su estado líquido, a una temperatura igual o ligeramente mayor que la temperatura ambiente.

- **Evaporador:** usualmente este es un serpentín con aletas similar al condensador, pero de menor tamaño; otros tipos de evaporadores son los de placas.

- Tubería: la tubería de refrigeración no es un equipo en sí mismo, ya que su función es interconectar a los otros componentes. Sin embargo, un mal diseño o instalación de las tuberías hará al equipo no solo menos eficiente, sino que también dañará, en el corto o mediano plazo, la operación del compresor y el enfriamiento alcanzado.

3.7. Diseño y construcción de obra civil

Las instalaciones de refrigeración incluyen la obra civil, el equipamiento y la operación y mantenimiento. También son necesarias actividades específicas relacionadas con los sistemas de refrigeración. Existen instalaciones de refrigeración (cuartos fríos) que llevan trabajo de mampostería y cuartos prefabricados, los que han tomado un auge importante debido al corto tiempo de fabricación y montaje y a la eficiencia de los mismos.

En lo que se refiere a la obra civil, en este tipo de proyectos se tienen actividades y procesos constructivos tradicionales de toda construcción, así como actividades particulares de acuerdo al tipo de proyecto, entre las que se incluyen:

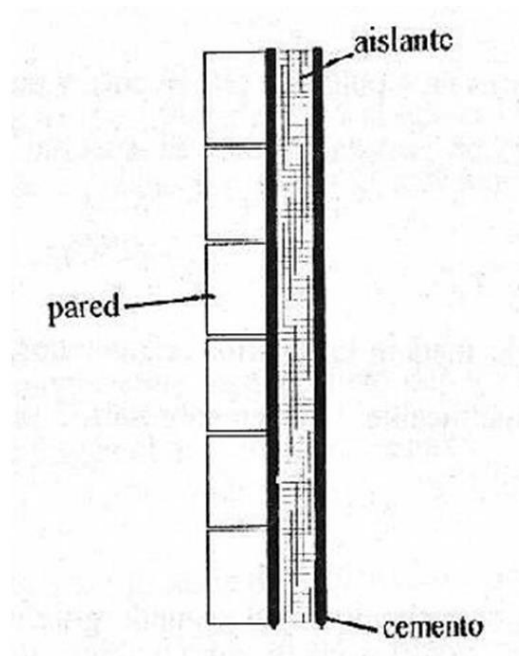
- Trabajos preliminares
 - Limpieza
 - Rellenos y excavaciones
 - Trazo y nivelación
- Cimentación: la sobrecarga en el suelo puede llegar a ser de entre 2 y 5 T/m².

- Mampostería de cimiento corrido
- Marcos de zapatas aisladas

- Levantado de muros: las paredes deben construirse con materiales resistentes y acabados sanitarios, de ser necesario con uniones redondeadas entre paredes y entre estas y el piso; diseñadas y construidas para evitar la acumulación de suciedad y facilitar la limpieza y desinfección. Cuando se utilizan paredes de madera en cuartos fríos, se debe recubrir el tabique de madera con papel impermeable.
 - Levantado con *block*
 - Uso de prefabricados

- Estructuras: como rampas, escaleras y sus accesorios, deben estar diseñadas con material resistente, con acabados sanitarios y ubicarse de tal forma que dificulten el flujo regular del proceso.
 - Columnas
 - Vigas
 - Otros

Figura 9. **Detalle de muros de mampostería para cuartos fríos**



Fuente: YAX PÉREZ, David Ottoniel. *Automatización de cuartos fríos para ahorro energético*.
p. 54.

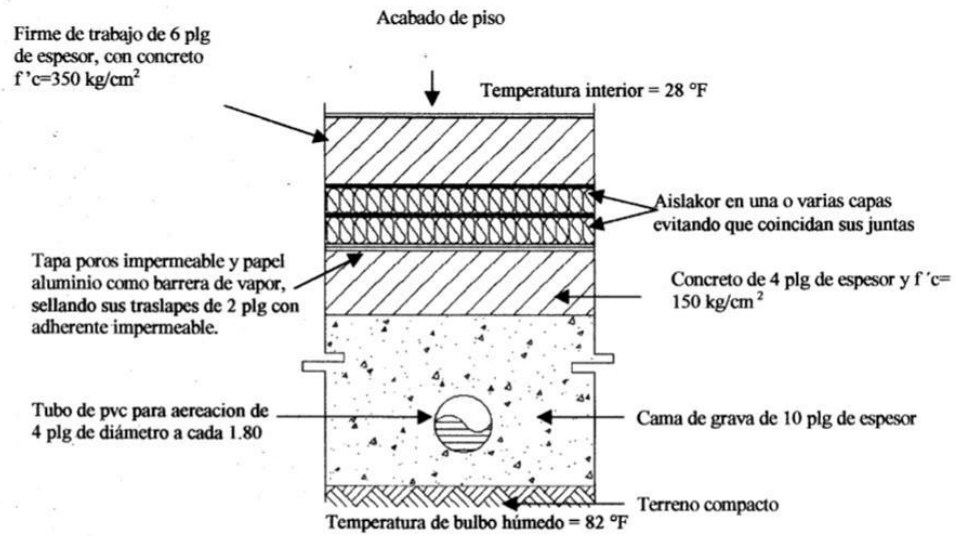
- Pisos: deben construirse con materiales resistentes y acabados sanitarios, con una pendiente suficiente que permita el desagüe hacia los drenajes, los cuales estarán protegidos por rejillas.
 - Tradicional sin aislamiento
 - Especial uso de aislamiento
- Cubiertas: la protección de las instalaciones contra la intemperie, los rayos solares y la acción del viento o la nieve, hacen altamente recomendable la presencia de cubrimientos de la estructura. Los techos y demás instalaciones suspendidas deben estar diseñados y contruidos

de tal forma que impidan la acumulación de suciedad, reduzcan la condensación y con acabados en materiales sanitarios que impidan los desprendimientos de partículas.

Deben construirse con materiales resistentes; si se utilizan techos de madera en cuartos fríos se debe recubrir el tabique de madera con papel impermeable.

- Acabados: las instalaciones deben contar con acabados adecuados de acuerdo a la ubicación y tipo de muro o superficie.
- Puertas: deben estar construidas con material resistente con acabados en material sanitario, contar con un sistema que garantice que estas permanezcan cerradas y eviten contraflujos de aire que generen contaminación.
- Aislamientos térmicos: deben cumplir con las siguientes características: ser materiales inorgánicos, no combustible, no higroscópico y poseer baja conductividad térmica. De acuerdo a la ubicación del proyecto, puede ser necesario proteger los paneles contra la intemperie, los rayos solares y la acción del viento y la lluvia.

Figura 10. Corte transversal de piso aislado



Fuente: YAX PÉREZ, David Ottoniel. *Automatización de cuartos fríos para ahorro energético.*

p. 61.

4. PROPUESTA DE GUÍA TÉCNICA PARA LA PLANEACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES DE ENFRIAMIENTO (CUARTOS FRÍOS)

4.1. Introducción

Para satisfacer los requerimientos más extremos de temperaturas bajas, son construidas las instalaciones de refrigeración (frigoríficos, cámaras de refrigeración o cuartos fríos) que constituyen un área confinada por elementos aislantes que disminuyen el flujo de calor mediante un dispositivo de refrigeración. Su tamaño y características varían tanto como la necesidad que el producto requiera; la temperatura promedio para refrigeración va de 4 a 0°C y la temperatura de congelación varía de -20 a -30°C.

“En Guatemala ha aumentado el uso de instalaciones de refrigeración, ya que son necesarias en diferentes tipos de industrias, su objetivo principal es el almacenamiento en una forma segura de gran cantidad de materia prima con altos índices de seguridad, rentabilidad y calidad. El área encargada de preservar los productos de exportación mide 1 395,19 metros cuadrados, que en su interior contienen cinco cuartos fríos con temperaturas que oscilan entre los -6 y 12 grados centígrados, sistema de rayos X y procesos automatizados”.²

² *Cuartos fríos*. <http://www.prensalibre.com/economia/economia/inversion-garantiza-frescura-para-productos-perecederos>. Consulta: febrero de 2017.

Figura 11. **Área climatizada de CombexIm**



Fuente: *Área climatizada*.<http://www.prensalibre.com/economia/economia/inversion-garantiza-frescura-para-productos-percederos>. Consulta: 14 de febrero de 2017.

4.2. **Desarrollo**

A continuación se presentan recomendaciones mínimas necesarias para desarrollar este tipo de proyectos, es importante considerar que no se deben tomar como únicas, pues cada proyecto tiene particularidades que requieren su estudio.

En los proyectos de instalaciones de refrigeración (enfriamiento), se identifican las fases de diseño, construcción, equipamiento, operación y mantenimiento, y se requiere de la elaboración de programas, planos y manuales.

4.2.1. Planeación

Durante esta fase se deben tener en cuenta las necesidades del cliente, la construcción de cuartos fríos se adecua según requerimientos, dimensiones, las características del producto y condiciones de manejo. Es importante tener un estudio de la temperatura máxima externa y la humedad relativa de la región donde se ubica el proyecto; antes de comenzar la construcción, se deben conocer las normas, leyes y códigos pertinentes a la construcción. A continuación se presentan criterios generales para el diseño térmico y mecánico de instalaciones de refrigeración:

- La construcción de cuartos fríos da versatilidad a la necesidad del cliente y se adecua según requerimientos y dimensiones; la ubicación de estas instalaciones debe ser planeada cuidadosamente.
- Evaluación de los requerimientos básicos y técnicos para el diseño y posterior construcción de cuartos fríos.
- Tipo de productos que se desean almacenar, condiciones de empaque, temperaturas de entrada y salida, tiempo de proceso, cantidad de personas, condiciones de humedad y cualquier otra variable que se deba considerar.
- Dimensiones del cuarto frío: serán con base en el proyecto o las necesidades del cliente. La capacidad de almacenamiento es directamente proporcional al tamaño de la unidad de enfriamiento y es el punto del cual se parte para el cálculo y selección de los equipos.

- Muros: el espesor en muros dependerá de la temperatura que se requiera dentro del cuarto frío, ya sea un cuarto con temperatura de *comfort*, cuarto conservador o cuarto congelador. Generalmente, en la práctica el espesor aislante se selecciona de tablas preparadas en función de las temperaturas de operación.

4.2.2. Construcción

En los proyectos de instalaciones de refrigeración (enfriamiento) se deben utilizar criterios técnicos en su construcción, así como en la selección de los materiales a utilizar en paredes, pisos y techos de acuerdo a los datos calculados y utilizando tablas y catálogos. Las características constructivas de los cuartos fríos influyen directamente en la capacidad de refrigeración, o sea, tienen influencia directa en el aumento o reducción del consumo eléctrico de la instalación. Deben conocerse las propiedades térmicas de los materiales utilizados; para esto deben consultarse las tablas y certificados técnicos de los fabricantes.

A continuación se presenta el proceso constructivo de un cuarto frío, haciendo énfasis en las actividades que son importantes en este tipo de proyectos, sin descuidar las actividades tradicionales en toda construcción. Un cuarto frío se puede construir de diversas formas y materiales; existen cuartos construidos con mampostería y prefabricados; los tiempos de construcción se dan dependiendo de la magnitud de la obra, espacios y requerimientos.

Actualmente un porcentaje muy alto de las construcciones de cuartos fríos utiliza estructura metálica.

4.2.2.1. Trabajos preliminares

A continuación se presenta un resumen del renglón de trabajos preliminares, se incluye tipo de renglón, las actividades relacionadas, materiales de construcción necesarios, condiciones de ejecución del renglón y otra información necesaria.

Tabla IV. **Ficha técnica: renglón actividades preliminares**

Renglón	Trabajos/actividades relacionados	Personal necesario	Materiales/equipos de construcción	Responsable
Actividades preliminares	Limpieza y desmonte terreno	Supervisor, personal campo	Equipo de topografía	Empresa contratista, sub contratistas
	Trabajo de topografía		Equipo, maquinaria movimiento de tierras	
	Cortes/rellenos		(cargadores, camiones, otros)	
	Trazo			

Fuente: elaboración propia.

Para propósitos de la guía, se describen las principales actividades relacionadas con este renglón y se presentan algunas recomendaciones para el usuario de la guía:

Localización y replanteo: de acuerdo a las condiciones de cada proyecto, incluye la localización, trazado y replanteo de las áreas a construir.

- Demolición de estructuras existentes: en muchos casos es necesaria la demolición total o parcial de construcciones existentes.

- Limpieza: consisten en el retiro del material existente a un sitio de disposición final autorizado.
- Trabajos de topografía: de acuerdo con las condiciones y características del proyecto.
- Movimiento de tierras: de acuerdo con las condiciones y características del proyecto.

4.2.2.2. Suelos y cimientos

De acuerdo a las características de cada proyecto, en esta fase pueden ser necesarios algunos elementos constructivos, como conformación de plataformas, construcción de muros de contención, entre otros. En la siguiente tabla se presenta un cuadro resumen del renglón de cimentación, se incluyen las actividades relacionadas, materiales de construcción y personal necesarios, así como condiciones de ejecución del renglón y otra información necesaria.

Tabla V. **Ficha técnica: renglón cimientos**

Renglón	Trabajos/actividades relacionados	Personal necesario	Materiales/equipos de construcción	Responsable
Cimientos: se incluyen cimiento corrido, muros de contención, zapatas aisladas, otros sistemas.	Trazo y excavación.	Supervisor, personal campo	Equipo de construcción tradicional. Equipo de bombeo concreto.	Empresa contratista, sub contratistas.
	Elaboración y colocación de armaduras para cimientos, columnas y soleras.		Concreto fundido en situ o premezclado.	
	Fundición de cimiento y solera de humedad. Mezcla, manejo, colocación de concreto		Mampostería (blocks, agregados, cemento).	
	Levantado de mampostería.		Acero de refuerzo.	
	Fundición de columnas y solera corona muro desplante.		Elementos prefabricados.	
	Servicio de laboratorio in situ para control de calidad y análisis de especímenes.	Personal técnico	Toma de muestras, ensayos en campo.	Laboratorio especializado

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta un resumen de la información del renglón conformación de suelo, se incluyen las actividades relacionadas, materiales de construcción y personal necesarios, así como condiciones de ejecución del renglón y otra información necesaria.

Tabla VI. **Ficha técnica: renglón de conformación de suelo**

Renglón	Trabajos/actividades relacionados	Personal necesario	Materiales/equipos de construcción	Responsable
Conformación de suelo: contar con una base adecuada para el piso del cuarto frío, deben considerarse la resistencia, aislamiento y aspectos de drenajes principalmente.	Selección y colocación materiales granulares para el suelo, de acuerdo a las normas aplicables.	Supervisor, personal campo	Equipo de construcción básico.	Empresa contratista, sub contratistas.
	Preparación e instalación de drenajes, cama de tubos PVC perforada @ 0.90 m de 4" con pendiente de 1%.		Manejo y colocación de piedrín, para drenaje francés.	
	Construcción de drenaje francés con piedrín de granulometría de 1-1/2" a 2" + sistema de tubería de 80 PSI de 4, de acuerdo a las normas aplicables.		Manejo y colocación de mezclón.	
	Colocación de mezclón (arena amarilla, piedrín de granulometría de 3/4", cemento y cal).		Impermeabilizantes	
	Aplicación impermeabilizante.			
	Servicio de laboratorio in situ para control de calidad y análisis de especímenes.	Personal técnico	Toma de muestras, ensayos en campo.	Laboratorio especializado

Fuente: elaboración propia.

- Para propósitos de la guía se describen las principales actividades relacionadas con este renglón, se incluyen fotografías tomadas durante

las visitas a proyectos y se presentan algunas recomendaciones para el usuario de la guía.

- Debe asegurarse un buen drenaje en la estructura, por lo que generalmente se construye sobre un lecho de gravas; también puede construirse con drenajes interiores para evacuar adecuadamente el agua con que se limpia la instalación y el agua producida por la condensación.
- Para el aislamiento existen varios productos que se acomodan a los requerimientos de cada aplicación; el control de la humedad en el aislante es muy importante, ya que el agua es un buen conductor de calor, el aislamiento debe estar seco cuando se instala y debe sellarse perfectamente, para que permanezca seco.

Figura 12. **Conformación base desuelo en cuarto frío**



Fuente: archivo personal, visita de proyecto del Departamento de Guatemala, 2017.

Figura 13. **Vista de drenajes de cuarto frío**



Fuente: archivo personal, visita de proyecto.

4.2.2.3. Construcción de pisos de concreto

Corresponde a la ejecución de la estructura del piso de los cuartos fríos de acuerdo con los planos; la resistencia y tipo del piso deben ser las que se indique en el diseño.

Se debe considerar que el piso debe soportar grandes cargas y resistir el uso en un ambiente húmedo, esto depende en buena medida del uso de aislantes de calidad.

A continuación se presenta un resumen de la información del renglón de construcción de pisos de concreto, se incluyen las actividades relacionadas, materiales de construcción y personal necesarios, así como condiciones de ejecución del renglón y otra información necesaria.

Tabla VII. **Ficha técnica: renglón de construcción de pisos de concreto**

Renglón	Trabajos/actividades relacionados	Personal necesario	Materiales/equipos de construcción	Responsable
Construcción de pisos de concreto: debe considerarse el tipo y resistencia del concreto, condiciones de operación, drenajes principalmente.	Selección y colocación material base y aislante para el piso, de acuerdo a las condiciones de operación y normas aplicables.	Supervisor, personal campo	Equipo de construcción básico. Mezcladora de concreto. Equipo de bombeo concreto.	Empresa contratista, sub contratistas.
	Colocación electro malla.		Nylon negro calibre 88, paneles aislantes.	
	Mezcla, colocación y curado de concreto de acuerdo a las condiciones de operación.		Agregados, cemento, aditivos. Concreto fundido en situ o premezclado. Electro malla.	
	Aplicación impermeabilizante.		Piso.	
	Tratamiento de juntas en el piso de concreto		Material para juntas.	
	Servicio de laboratorio in situ para control de calidad y análisis de especímenes	Personal técnico.	Toma de muestras, ensayos en campo.	Laboratorio especializado.

Fuente: elaboración propia.

Para propósitos de la guía se describen las principales actividades relacionadas con este renglón, se incluyen fotografías tomadas durante las visitas a proyectos y se presentan algunas recomendaciones para el usuario de la guía.

- En pisos de concreto, además de materiales que eviten la pérdida del frío o el congelamiento del suelo, se requiere que la estructura del piso sea capaz de tolerar la acción de las cargas, que muchas veces son altas.
- Cuando se usa concreto en cuartos fríos, la condición de refrigeración o de congelamiento provoca en el concreto una mayor contracción-dilatación (3 a 4 veces mayor que en un piso convencional), como consecuencia de una mayor variación térmica y de un menor coeficiente de fricción bajo la losa; ello generalmente implica mayor apertura de las juntas en el piso.

Las losas de los pisos deben dimensionarse, especificarse y construirse de manera especial, considerando los siguientes aspectos:

- Utilizar un concreto con una relación agua/material cementante por debajo de 0,45 y además con aire intencionalmente incluido (exposición severa), de acuerdo a las normas aplicables.

Tabla VIII. **Categorías y clases de exposición del concreto**

Categoría	Severidad	Clase	Condición
F Congelamiento y deshielo	No es aplicable	F0	Concreto no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo.
	Moderada	F1	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y exposición ocasional a la humedad.
	Severa	F2	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y en contacto continuo con la humedad.
	Muy severa	F3	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y en contacto continuo con la humedad y expuesto a productos químicos des congelantes.

Fuente: elaboración propia, con base en el Reglamento de concreto estructural (ACI 318S-11).

Tabla IX. **Requisitos para el concreto según la clase de exposición**

Clase de exposición	Relación a/material cementante	F'c mínima MPa	Requisitos mínimos adicionales	
			Contenido de aire	Límites en los cementantes
F0	N/A	17	N/A	N/A
F1	0,45	31	Tabla 4.4.1 del reglamento.	N/A
F2	0,45	31		N/A
F3	0,45	31		Tabla 4.4.2 del reglamento

Fuente: elaboración propia, con base en el Reglamento de concreto estructural (ACI 318S-11).

- Disponer de un aislamiento entre el piso de la cámara de refrigeración o de congelados y la base de apoyo, de modo que el suelo subyacente no se congele y puedan ocurrir expansiones no deseadas ni previstas que afecten la estructura del piso.

Figura 14. **Fundición de concretode piso de cuarto frío**



Fuente: archivo personal, visita de proyecto en Departamento de Guatemala, 2017.

Figura 15. **Detalle de armado de losa de piso de cuarto frío**



Fuente: archivo personal, visita de proyecto en Departamento de Guatemala, 2017.

Por lo general la capa de aislamiento es de un material con propiedades adiabáticas como el corcho, el poliuretano inyectado o el poliestireno expandido de alta densidad. Su espesor suele estar entre 100 mm y 200 mm y su densidad debe ser igual o superior a 30 kg/m.

Figura 16. **Uso de material aislante en pisos de cuartos fríos**



Fuente: archivo personal, visita de proyecto en Departamento de Guatemala, 2017.

- Cuando la temperatura en el interior del cuarto frío sea $\leq 0^{\circ}\text{C}$ se recomienda aislar los pisos, cuando la temperatura sea $\geq 0^{\circ}\text{C}$ se debe evaluar si se aísla o no el piso. Cuando se trata de cámaras de congelados ($T \leq 0^{\circ}\text{C}$), es indispensable instalar una capa de material

granular con gradación abierta, para generar una cámara de aire en la parte inferior. Debe ser de mayor espesor que en un piso convencional y con drenajes adecuados para evitar el congelamiento del suelo.

Figura 17. **Base de grava para piso de cuarto frío $T \leq 0^{\circ}\text{C}$**



Fuente: archivo personal, visita de proyecto en Departamento de Guatemala, 2017.

- Para los drenajes se pueden utilizar tubos de PVC con un diámetro y separación adecuados, con perforaciones a cada 50 cm y una pendiente entre 0,5 – 1,0%.

Figura 18. Vista de instalación de drenajes de cuarto frío



Fuente: archivo personal, visita de proyecto en Departamento de Guatemala, 2017.

- En algunos casos, como protección adicional, se suele colocar debajo de la capa de base una lámina bituminosa o de polietileno, que impida la penetración de humedad.

Figura 19. **Vista de aplicación de impermeabilizante de piso de concreto de cuarto frío**



Fuente: archivo personal, visita de proyecto en Departamento de Guatemala, 2017.

- Esperar lo máximo que se pueda para llenar y sellar las juntas de construcción y de contracción (recomendable un mínimo de 90 días), de modo que estas se encuentren lo más abiertas posible en el momento del llenado.
- Cuando la diferencia de temperaturas entre el interior de la cámara fría y el suelo sea muy elevada ($+ > 40^{\circ}\text{C}$), deben incluirse en la base granular del piso tuberías de ventilación para regular el gradiente térmico o resistencias eléctricas que impidan la congelación del suelo. El espesor de la capa aislante, en estos casos, no debe ser inferior a 150 mm.

4.2.2.4. Columnas

Son elementos constructivos y estructurales importantes, de acuerdo al sistema constructivo se pueden utilizar bases de concreto reforzado para estructura metálica de acuerdo con las especificaciones. A continuación se presenta un resumen de la información del renglón de construcción de pisos de concreto, se incluyen las actividades relacionadas, materiales de construcción y personal necesarios, así como condiciones de ejecución del renglón y otra información necesaria.

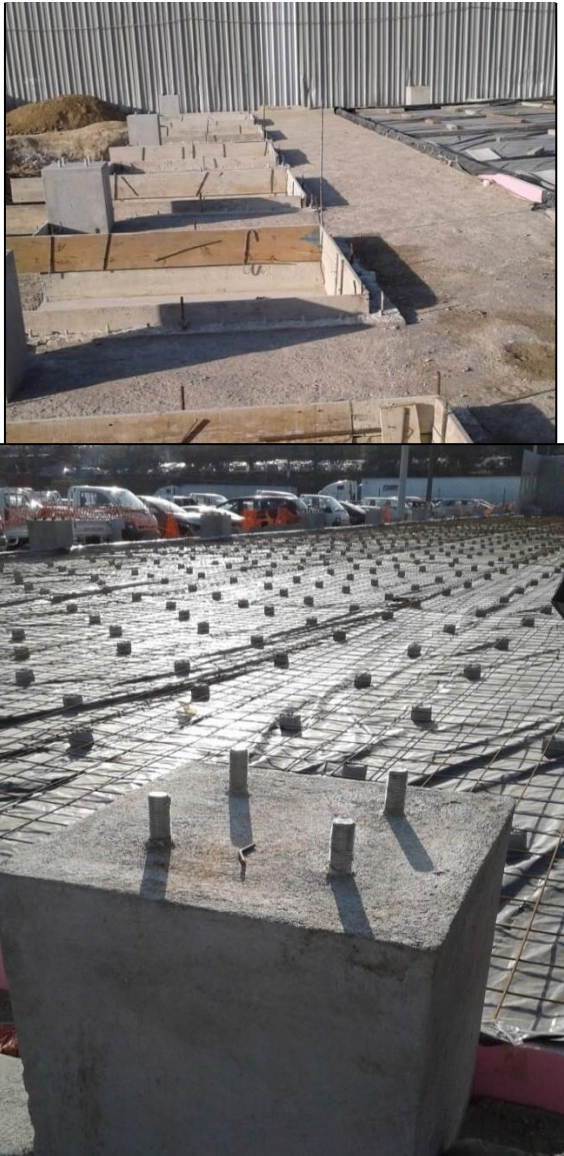
Tabla X. **Ficha técnica: renglón de construcción de columnas**

Renglón	Trabajos/actividades relacionados	Personal necesario	Materiales/equipos de construcción	Responsable
Construcción columnas: debe considerarse el tipo y resistencia del concreto.	Armado de las columnas. Armado de formaletas	Supervisor, personal campo	Equipo de construcción básico.	Empresa contratista, sub contratistas.
	Fundición de columnas (mezcla, colocación y curado de concreto)		Concreto fundido en situ o premezclado de acuerdo al diseño y especificaciones. Agregados, cemento, aditivos. Formaletas	
	Colocación de pernos para anclaje de estructuras.		Pernos de acuerdo al diseño y especificaciones.	
	Servicio de laboratorio in situ para control de calidad y análisis de especímenes	Personal técnico.	Toma de muestras, ensayos en campo control concreto.	Laboratorio especializado.

Fuente: elaboración propia.

Para propósitos de la guía se incluyen fotografías tomadas durante las visitas a proyectos y se presentan algunas recomendaciones para el usuario de la guía.

Figura 20. **Detalles de columnas de muros de cuarto frío**



Fuente: archivo personal, visita de proyecto en Departamento de Guatemala, 2017.

4.2.2.5. Muros

Son elementos constructivos importantes; protegen el espacio interior contra los efectos de temperaturas fuera del rango de almacenaje y de la intemperie. En la actualidad el uso de paneles prefabricados va en aumento, debido a las características de los materiales y las facilidades de instalación.

A continuación se presenta un resumen de la información del renglón de construcción de muros, se incluyen las actividades relacionadas, materiales de construcción y personal necesarios, así como condiciones de ejecución del renglón y otra información necesaria.

Tabla XI. **técnica: renglón de construcción de muros**

Renglón	Trabajos/actividades relacionados	Personal necesario	Materiales/equipos de construcción	Responsable
Construcción muros:pueden ser de mampostería o prefabricados (paneles). En cualquier caso tener en consideración las especificaciones técnicas de los materiales utilizados.	Levantado de mampostería.	Supervisor, personal campo	Equipo de construcción básico. Blocks Mortero para pega de unidades.	Empresa contratista, sub contratistas.
	Uso de paneles prefabricados.		Paneles prefabricados. Elementos de anclaje. Equipo para manejar los paneles.	
	Servicio de laboratorio in situ para control de calidad y análisis de especímenes	Personal técnico.	Toma de muestras y ensayo unidades de mampostería.	Laboratorio especializado.

Fuente: elaboración propia.

Para propósitos de la guía se describen las principales actividades relacionadas con este renglón, se incluyen fotografías tomadas durante las visitas a proyectos y se presentan algunas recomendaciones para el usuario de la guía.

- Deben conocerse las propiedades térmicas de los materiales utilizados en los muros; para esto deben consultarse las tablas y certificados técnicos de los fabricantes.
- Los paneles *sándwich* utilizados en instalaciones de cámaras frigoríficas varían su peso en función del espesor y por tanto de su poder o necesidad de aislamiento térmico; es necesaria la protección de los paneles contra la intemperie, los rayos solares y la acción del viento.

Figura 21. **Manejo de paneles en obra**



Fuente: archivo personal, visita de proyecto en Departamento de Guatemala, 2017.

- Dependiendo de los materiales con que están fabricados los paneles se estipula un factor “K”, que es el que indica su grado de aislamiento. Los paneles son proporcionados por el fabricante en rangos de conductividad térmica y a su espesor. Las especificaciones de paneles incluyen los siguientes parámetros:
 - Espesor del panel (mm)
 - Coeficiente global de transmisión de calor (Watt/m²°C)
 - Ancho útil del panel (m)
 - Longitud del panel (m)
 - Material aislante
 - Configuración de las juntas
 - Pintura

- Para el aislamiento existen varios productos que se acomodan a los requerimientos de cada aplicación; el control de la humedad en el aislante es muy importante, ya que el agua es un buen conductor de calor, el aislamiento debe estar seco cuando se instala y debe sellarse perfectamente, para que permanezca seco.

A continuación se presentan valores de coeficientes de conductividad térmica de algunos materiales de aislamiento para cámaras frigoríficas:

- Poliuretano inyectado de densidad 40 kg/m³ = 0,016Kc/h m °C
- Poliuretano= 0,020Kc/h m °C
- Poliestireno= 0,025Kc/h m °C
- Fibra mineral= 0,027Kc/h m °C
- Poliestireno estruido= 0,028Kc/h m °C
- Fibras de madera o corcho= 0,035Kc/h m °C

Figura 22. **Paneles de aislamiento de polietileno**



Fuente: archivo personal, visita de proyecto en Departamento de Guatemala, 2017.

Figura 23. **Vista de construcción de muros de cuarto frío**



Fuente: archivo personal, visita de proyecto en Departamento de Guatemala, 2017.

Figura 24. **Vista exterior de muros de cuarto frío**



Fuente: archivo personal, visita de proyecto en Departamento de Guatemala, 2017.

4.2.2.6. Techos

Se pueden utilizar diferentes materiales para la construcción de techos o cubiertas, para evitar la pérdida de frío existen diferentes alternativas de materiales aislantes, dentro de las cuales se encuentran los paneles rellenos de fibra de vidrio, celulosa, vermiculita, madera con pegantes, poliestireno, poliuretano, entre otros.

A continuación se presenta un resumen de la información del renglón de construcción techos, se incluyen las actividades relacionadas, materiales de construcción y personal necesarios, así como condiciones de ejecución del renglón y otra información necesaria.

Tabla XII. **Ficha técnica: renglón de construcción de techos**

Renglón	Trabajos/actividades relacionados	Personal necesario	Materiales/equipos de construcción	Responsable
Construcción techos: pueden ser de diferentes materiales; se debe de considerar instalaciones para el mantenimiento, drenajes para el manejo de aguas pluviales. Considerar las especificaciones técnicas de los materiales utilizados.	Levantado de mampostería.	Supervisor, personal campo.	Equipo de construcción básico. Blocks Mortero para pega de unidades.	Empresa contratista, sub contratistas.
	Uso de paneles prefabricados. Aislantes térmicos.		Paneles prefabricados. Elementos de anclaje. Equipo para manejar los paneles.	
	Servicio de laboratorio in situ para control de calidad y análisis de especímenes	Personal técnico.	Toma de muestras, ensayos en campo.	Laboratorio especializado.

Fuente: elaboración propia.

Para propósitos de la guía se describen las principales actividades relacionadas con este renglón, se incluyen fotografías tomadas durante las visitas a proyectos y se presentan algunas recomendaciones para el usuario de la guía.

- Cuando se utilizan paneles prefabricados, estos se pueden auto soportar con perfil de aluminio anclado a la losa, al centro de la luz. Dependiendo de los materiales con que están fabricados se estipula un factor “K”, que es el que indica su grado de aislamiento. Los paneles son proporcionados por el fabricante en rangos de conductividad térmica y su espesor.
- Deben conocerse las propiedades térmicas de los materiales utilizados en los techos; para esto deben consultarse las tablas y certificados técnicos de los fabricantes. A continuación se presentan valores de coeficientes de conductividad térmica de los materiales de aislamiento para cámaras frigoríficas:
 - Poliuretano inyectado de densidad 40 kg/m³ = 0,016Kc/h m °C
 - Poliuretano= 0,020Kc/h m °C
 - Poliestireno= 0,025Kc/h m °C
 - Fibra mineral= 0,027Kc/h m °C
 - Poliestireno estruido= 0,028Kc/h m °C
 - Fibras de madera o corcho= 0,035Kc/h m °C
- Es necesaria la protección de los techos contra la intemperie, los rayos solares y la acción del viento.

- Durante la operación de los cuartos fríos es necesario el manejo de las aguas pluviales de los techos, por esta razón es importante contar con drenajes adecuados y contruidos de forma correcta.

Figura 25. **Vista de techo de cuarto frío**



Fuente: archivo personal, visita de proyecto en Departamento de Guatemala, 2017.

Figura 26. **Vista de drenajes de techos de cuarto frío**



Fuente: archivo personal, visita de proyecto en Departamento de Guatemala, 2017.

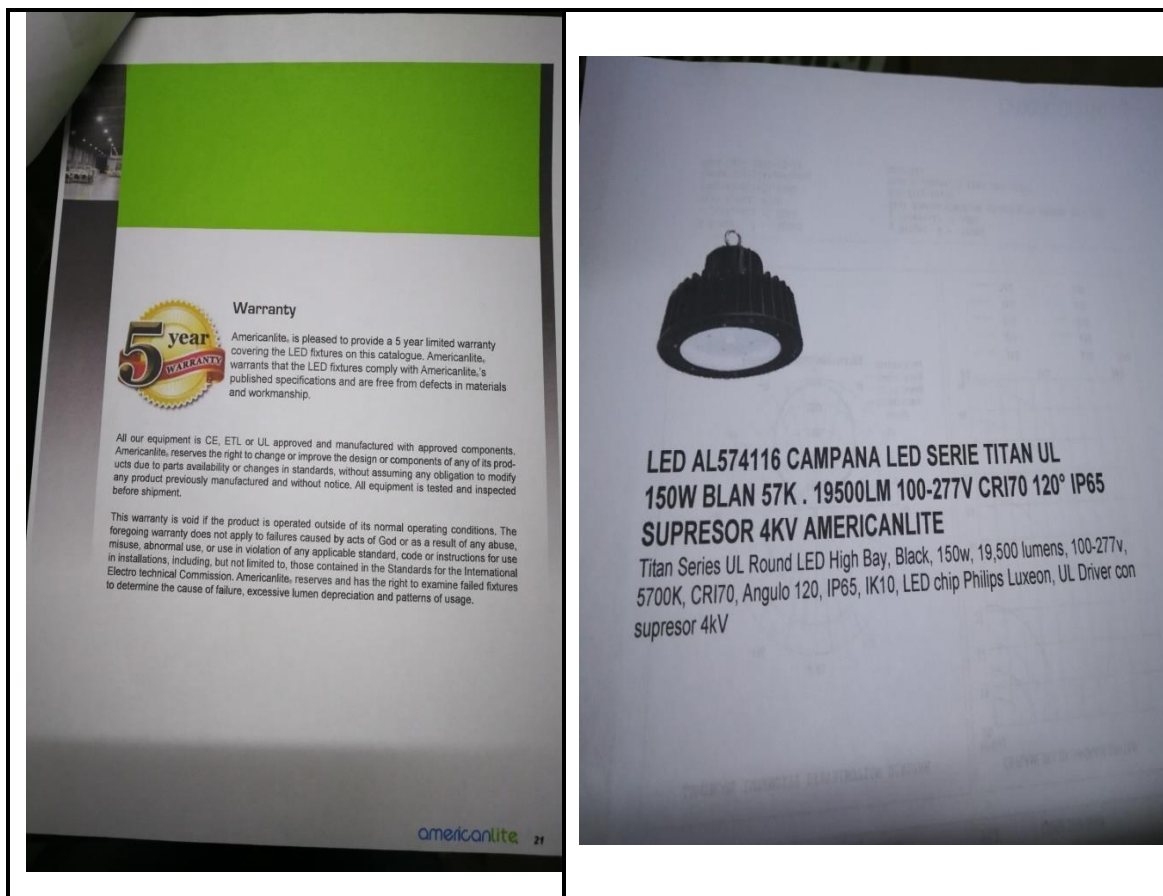
4.2.2.7. Iluminación

Se deben utilizar accesorios para la instalación de alta calidad, incluyendo tubería de cobre, líneas de conexión eléctrica y demás accesorios necesarios que garanticen confiabilidad y eficiencia en el sistema de refrigeración.

La cantidad de lámparas y el tipo de iluminación dependen de la actividad a desarrollar en el interior del cuarto frío. En un cuarto de empaque de producto terminado se necesita más iluminación, comparado con un cuarto de

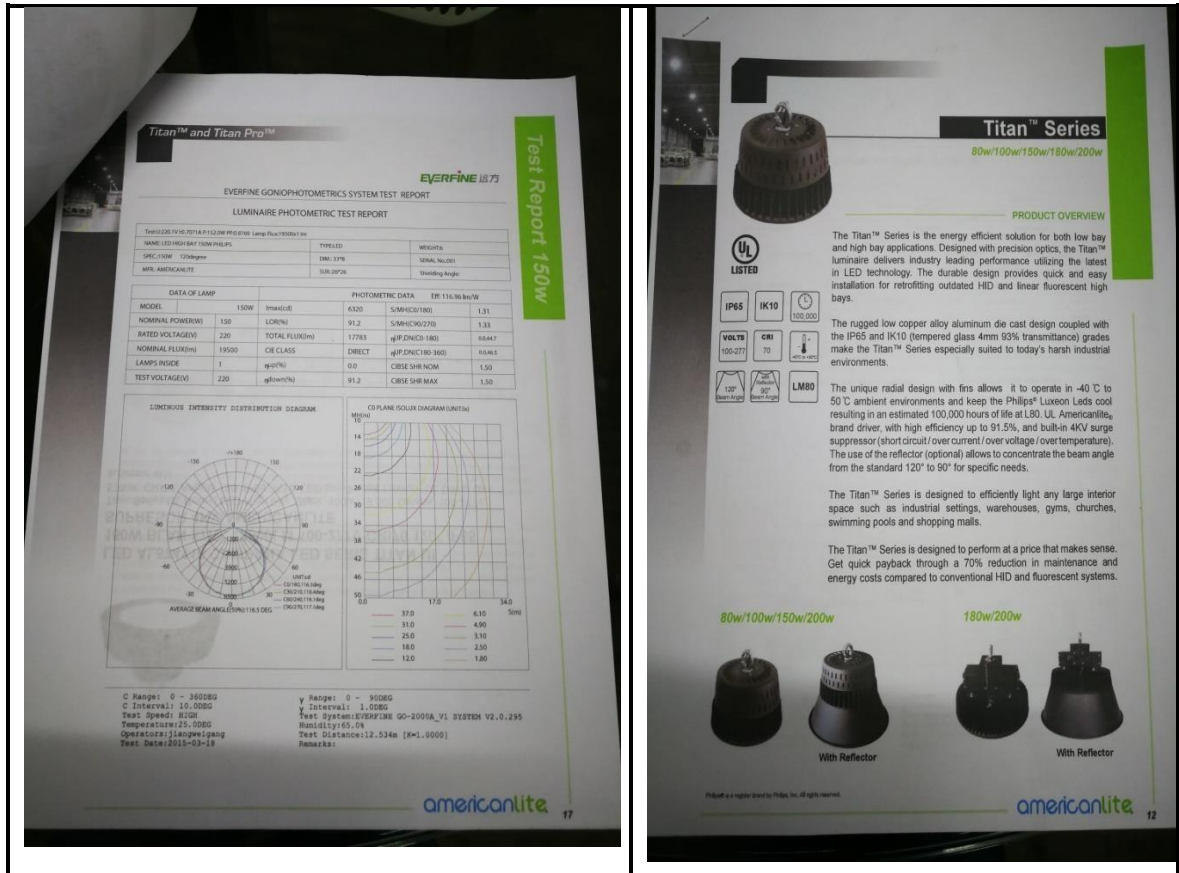
almacenamiento. Se debe conocer el valor del calor introducido en la cámara por la iluminación y tomar las consideraciones necesarias.

Figura 27. **Certificados de calidad de lámparas para cuarto frío**



Fuente: archivo personal.

Figura 28. Certificados técnicos de lámparas para cuarto frío

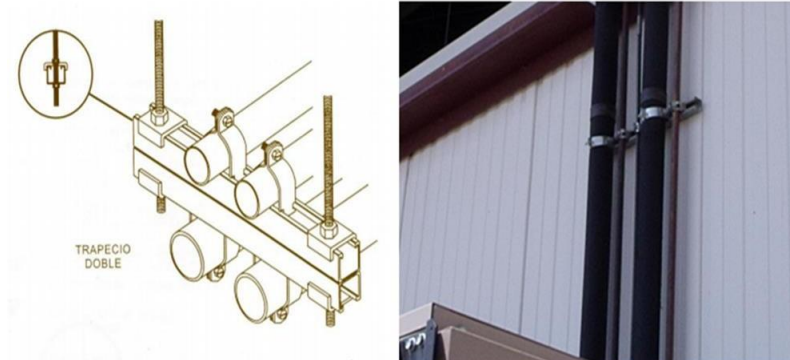


Fuente: archivo personal.

4.2.2.8. Anclajes

Existen variadas opciones como sistemas de anclaje para paredes, techos, suspensión de techo o estructura metálica en cuartos fríos. Para su uso debe considerarse el tipo de la instalación frigorífica y el tipo de panel *sándwich*; es importante consultar las especificaciones del fabricante antes de utilizar cualquier elemento de fijación en aplicaciones de este tipo.

Figura 29. **Detalle de anclaje en cuarto frío**



Fuente: OCHOA GALINDO, Douglas Engemherth. *Instalación de equipos de refrigeración industrial*. p. 250.

4.2.2.9. Puertas

Deben ser fuertes y, al mismo tiempo, lo suficientemente ligeras para abrirlas y cerrarlas con facilidad. Es importante la instalación de los marcos, rieles u otros elementos necesarios para las puertas, pues se debe asegurar el aislamiento térmico del cuarto frío.

De manera general las puertas deben ser estéticas, higiénicas, de fácil funcionamiento, montaje y regulación; diseñadas para ser usadas en cuartos de refrigeración o congelación, por sus características contemplan el tránsito de personas y de equipo de carga manual. Además deben conocerse los siguientes parámetros: tipo de puerta (abatible, corrediza, canaleras), dimensiones, espesor, calibre de lámina, características de aislamiento, tipo de bisagras y chapa, entre otros.

Figura 30. Tipos de puertas de cuartos fríos



Fuente: archivo personal.

4.2.2.10. Obras complementarias

Las instalaciones de refrigeración requieren obras especiales como casetas, soportes o bases de diferentes tipos, oficinas para personal, áreas de parqueo y circulación interior. A menudo son necesarias instalaciones de obra civil, eléctricas e hidráulicas especiales.

A continuación se presenta información del renglón de obras complementarias, se incluyen fotografías tomadas durante las visitas a proyectos y se presentan algunas recomendaciones para el usuario de la guía.

- Casetas: generalmente de mampostería con estructura metálica, dimensiones y ubicación de acuerdo al uso que se les dará.

Figura 31. **Vista de casetas de equipos de cuartos fríos**



Fuente: archivo personal, visita de proyecto en Departamento de Guatemala, 2017.

Las protecciones exteriores e interiores de los cuartos fríos se aseguran, generalmente, mediante muretes de cemento, poniendo especial atención a los problemas de estanqueidad de los mismos.

Figura 32. **Construcción de muretes para estanqueidad del cuarto frío**



Fuente: archivo personal, visita de proyecto en Departamento de Guatemala, 2017.

- **Ventilación:** los cuartos fríos deben diseñarse y acomodarse para permitir la suficiente circulación de aire, mejorando el valor del enfriamiento y almacenando el producto a la temperatura óptima. El movimiento de aire en el interior del cuarto frío ayuda a conducir el calor lejos del producto.

Se utilizan aparatos o equipos que junto con ductos y otros elementos consiguen forzar la entrada de aire al cuarto frío de una construcción, creando una presión positiva (entrada) y una presión negativa (salida).

Es importante la ubicación e instalación de los equipos, pues debido a las condiciones de operación las tuberías se ven sometidas a esfuerzos y

vibraciones excesivas, por ello es necesario contar con soportes adecuados, con elementos que disipen las vibraciones y minimicen los esfuerzos.

Figura 33. **Detalle de bases de concreto para equipos de cuarto frío**



Fuente: archivo personal, visita de proyecto en Departamento de Guatemala, 2017.

- Tablero eléctrico: de preferencia de excelente calidad, de potencia, protección y control, diseñado para el requerimiento de potencia del equipo, ensamblado con contactores y controlador electrónico.
- Herrajes de metal, bien sean de la construcción o estén expuestos a condiciones que puedan oxidar el metal de base, deben protegerse muy bien con un grueso galvanizado, metalizado u otro procedimiento.

- Drenajes: debido a las características de las instalaciones, estas deben contar con drenajes adecuados.

Figura 34. **Detalles de drenajes de cuarto frío**



Fuente: archivo personal.

4.2.2.11. Limpieza final

Como en todo proyecto, al final las condiciones deben ser las óptimas; terminadas las actividades se procederá a una limpieza general de muros, pisos, vidrios, entre otros, utilizando los elementos y materiales necesarios.

4.2.2.12. Operación y mantenimiento

Para un programa de mantenimiento se debe contar con recursos como materiales, herramientas, aparatos de prueba y el recurso humano capacitado para realizar trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo.

4.2.2.13. Fase de abandono o demolición

En esta fase se presentan los mismos aspectos e impactos ambientales que cualquier obra civil, los que deberán contar con las medidas de mitigación necesarias de acuerdo a las condiciones en cada caso. Se pueden mencionar los siguientes:

- Manejo y disposición final de materiales de demolición de instalaciones.
- Mantener o mejorar condiciones del paisaje en el lugar del proyecto (recuperación del área).
- Uso de mano de obra local.

CONCLUSIONES

1. Cada vez es mayor el uso y el número de proyectos de instalaciones de refrigeración (cuartos fríos) en Guatemala, lo que resalta la importancia del trabajo desarrollado.
2. Al finalizar el proyecto de tesis se elaboró la propuesta de guía técnica para la planeación y construcción de instalaciones de enfriamiento (cuartos fríos), incluyendo los criterios básicos para su diseño y construcción.
3. Para un mejor desempeño profesional en este tema, es importante conocer sobre materiales y términos importantes relacionados con los sistemas de enfriamiento, así como sus principales usos.
4. Los principales usuarios de las instalaciones de enfriamiento son las industrias de alimentos perecederos, manejo de alimentos, manejo de medicinas, almacenadoras, entre otros.
5. Los principales componentes de un proyecto de construcción de instalaciones de enfriamiento son la cimentación, pisos, muros y techos, así como los sistemas de aislamiento.
6. A través de vistas a proyectos y entrevistas con expertos, se identificaron y presentan los componentes de los proyectos de construcción de instalaciones de enfriamiento.

7. En la actualidad, para construir pisos, muros y techos de cuartos fríos se utilizan principalmente paneles prefabricados, por las características de sus materiales y la facilidad de construcción.
8. Para realizar el diseño de cuartos fríos es necesario conocer el tipo y cantidad de productos a almacenar, condiciones de operación (temperaturas y tiempos), tipo y características del equipo, entre otros.
9. Para la construcción de cuartos fríos es necesaria la participación de diferentes especialistas, como ingenieros civiles, ingenieros mecánicos, arquitectos, constructores, entre otros.
10. La forma en que se vaya a construir la cámara y el uso de la misma condicionará las diferentes formas de preparar los suelos para su montaje.
11. Las características constructivas de las cámaras frigoríficas influyen directamente en la capacidad de refrigeración, o sea, tienen influencia directa en el aumento o reducción del consumo eléctrico de la instalación.

RECOMENDACIONES

1. A las autoridades de la Escuela de Ingeniería Civil, que en lo posible se incluya el tema de instalaciones de refrigeración (cuartos fríos) en el contenido del curso de materiales de construcción de la carrera de ingeniería civil.
2. Los sectores gremiales de la ingeniería civil deben considerar que, debido al aumento de proyectos de construcción de instalaciones de refrigeración, es importante impulsar la participación del ingeniero civil en el desarrollo de este tipo de proyectos.
3. La Cámara de la Construcción de Guatemala debe impulsar la formación de mano de obra capacitada en la construcción de proyectos de instalaciones de refrigeración, lo cual permita ejecutar mejores proyectos.
4. A los profesionales involucrados en los proyectos de instalaciones de refrigeración se les recomienda utilizar materiales que sean amigables con el medio ambiente y que cuenten con algún tipo de certificación.

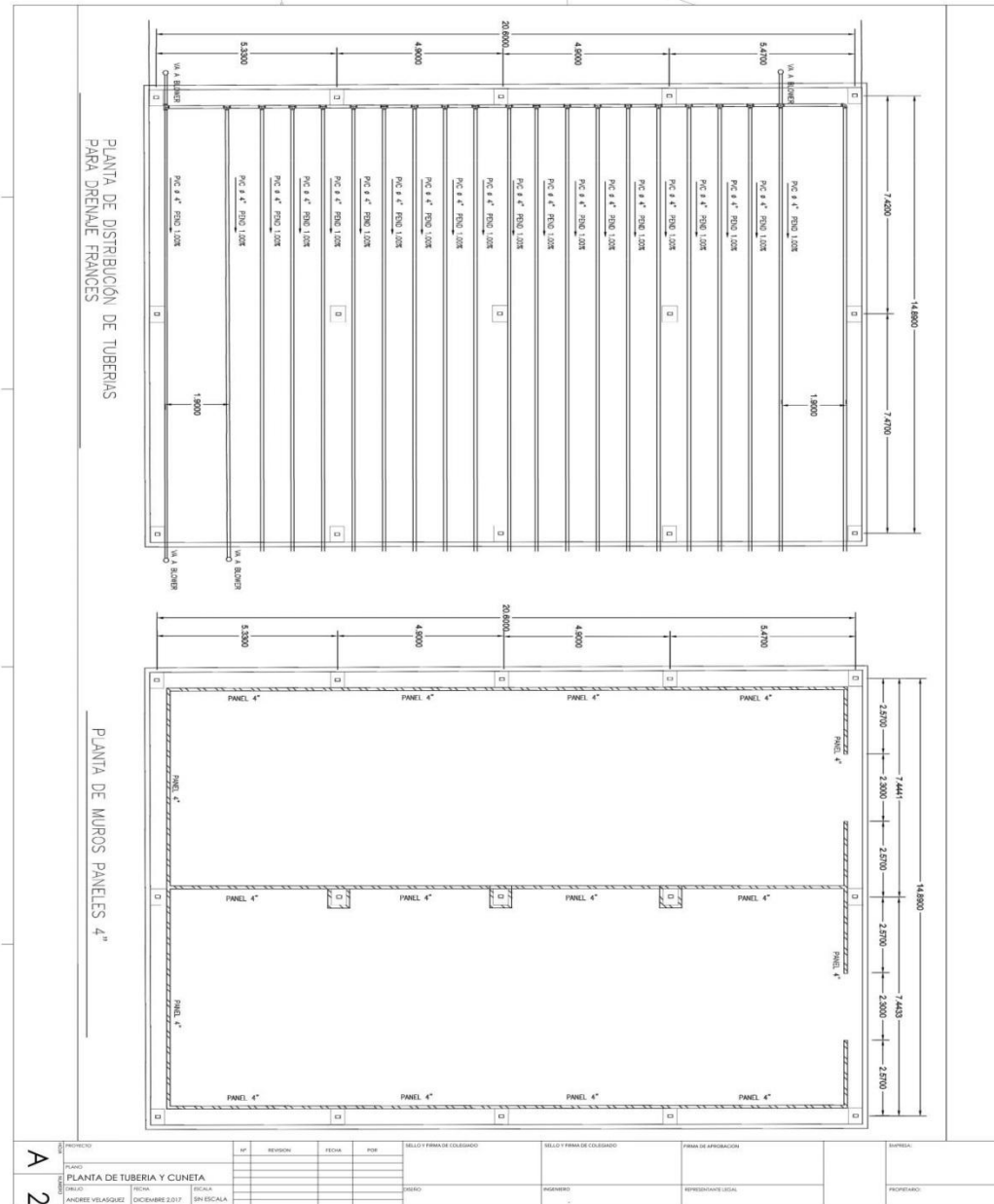
BIBLIOGRAFÍA

1. Fanosa, S.A. *Documento: estrategias en el diseño de cuartos fríos*. [en línea]. <<http://www.fanosa.com/insulpanel/index.html>>. [Consulta: octubre de 2017].
2. GARCÍA RIVERO, José Luis. *Manual técnico de construcción*. Editorial Fernando Porrúa, México, 2008. 264 p.
3. GONZÁLEZ RUIZ, Halan Eduardo. *Diseño de un cuarto frío para la preservación de vegetales para la empresa San Juan. AGROEXPORT*. Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011. 128 p.
4. LEZAMA, Tatiana. *Fabricación de cuartos fríos*. [En línea]. <www.refrigeracioincyc.com>. [Consulta: agosto de 2017].
5. Manual INSULPANEL. *Cuartos fríos*. [En línea]. <<http://www.fanosa.com>>. [Consulta: octubre de 2017].
6. OCHOA GALINDO, Douglas Engemberth. *Instalación de equipos de refrigeración industrial*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala, 2008. P. 411.
7. TORRES FUHRER, Mario Giovanni. *Criterios básicos para el diseño y construcción de pisos de concreto para cuartos de refrigeración*.

Trabajo de graduación de Ingeniería civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. P. 166.

8. Unidad de Investigación de Ingeniería Civil. *Guía básica para la coherencia en la elaboración del perfil de trabajo de graduación técnica*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala, 2017. P.9.
9. YAX PÉREZ, David Ottoniel. *Automatización de cuartos fríos para ahorro energético*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Guatemala, 2009. P.241.

Anexo 2. Planta de tubería y cuneta de cuarto frío



Fuente: OCHOA GALINDO, Douglas Engemtherth. *Instalación de equipos de refrigeración industrial*. p. 72.