

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica



“DISEÑO Y CALCULO DE UN SISTEMA DE REFRIGERACION UTILIZANDO DIOXIDO DE CARBONO PARA SUPERMERCADOS”

Tesis presentada por el Bachiller:
Serrano Torrico, Carlos Renato
para optar el Título Profesional de:
Ingeniero Mecánico

Asesor:
**Ing. Fernández Barriga, Camilo
Grimaldo**

**Arequipa, Perú
2021**

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 01 de Septiembre del 2021

Dictamen: 002020-C-EPIMMEM-2021

Visto el borrador del expediente 002020, presentado por:

2011602441 - SERRANO TORRICO CARLOS RENATO

Titulado:

**DISEÑO Y CALCULO DE UN SISTEMA DE REFRIGERACION UTILIZANDO DIOXIDO DE CARBONO
PARA SUPERMERCADOS**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1828 - GORDILLO ANDIA CARLOS ALBERTO
DICTAMINADOR**



**2398 - RIVERA ACOSTA VICTOR GONZALO
DICTAMINADOR**



**9185 - SIERRA VASQUEZ JULIO RAUL
DICTAMINADOR**





AGRADECIMIENTOS

Con amor a mi familia: Ivonne, Carlos y Claudia por ser mi motor para ser quien actualmente soy en la vida, por todos sus consejos positivos de mejora en vida y por impulsarme a siempre salir adelante.

RESUMEN

En el presente proyecto, se describe el diseño y cálculo de un sistema de refrigeración utilizando dióxido de carbono como medio refrigerante para que trabaje en los supermercados climatizando los alimentos perecibles, siendo este una alternativa moderna y diferente a los existentes que utilizan refrigerantes convencionales, provocando el adelgazamiento de la capa de ozono; en comparación a este novedoso proyecto, que genera nulo impacto medioambiental.

Para dar inicio al proyecto, se visitó tres supermercados modelos que fueron Plaza Vea del Real Plaza, este supermercado trabaja con refrigerante R-22, que es un refrigerante discontinuado y que actualmente está prohibido su uso; Tottus del Mall Plaza, dicho establecimiento opera con un refrigerante convencional, que es el etilenglicol como refrigerante primario, y por último, se asistió al supermercado Metro de Arequipa Center ubicado en Cerro Colorado, que trabaja junto con el refrigerante R-507 en el global de su sistema.

En el proyecto se ha determinado que la inversión aproximada para esta inversión en su establecimiento es de S/. 356,930.00, aquí se ha considerado costos que incluye insumos, mano de obra por hora o día/hombre, adquisición de equipos, que trabajen con el fluido R-744.

Se analizó la viabilidad técnico económica obteniendo el valor del VAN de S/. 1,028,779.96 soles en un tiempo menor de tres años, con ello, tendremos el valor del TIR de 102.433%.

El refrigerante que se ha elegido para esta tesis genera efecto invernadero, en comparativa con los llamados ecológicos tiene un GWP y ODP de cero.

También se considera disminuir las presiones de trabajo de este sistema de refrigeración hasta casi la mitad de su valor promedio de operación.

Palabras clave: Sistema de refrigeración, uso del dióxido de carbono, sistema de refrigeración en supermercados.

ABSTRACT

In this project, the design and calculation of a refrigeration system using carbon dioxide as a refrigerant medium is described so that it works in supermarkets air conditioning perishable foods, this being a modern and different alternative to existing ones that use conventional refrigerants, causing the thinning of the ozone layer; compared to this new project, which generates zero environmental impact.

To start the project, we visited three model supermarkets that were Plaza Vea del Real Plaza, this supermarket works with R-22 refrigerant, which is a discontinued refrigerant and its use is currently prohibited; Tottus del Mall Plaza, said establishment operates with a conventional refrigerant, which is ethylene glycol as the primary refrigerant, and finally, the Metro de Arequipa Center supermarket located in Cerro Colorado was attended, which works together with the R-507 refrigerant in the global from your system.

In the project it has been determined that the approximate investment for this investment in its establishment is S / . 356,930.00, here we have considered costs that include supplies, labor per hour or day / man, acquisition of equipment that works with the R-744 fluid.

The technical economic viability was analyzed obtaining the NPV value of S / . 1,028,779.96 soles in less than three years, with this, we will have the IRR value of 102.433%.

The refrigerant that has been chosen for this thesis generates a greenhouse effect, in comparison with the so-called ecological ones it has a GWP and ODP of zero.

It is also considered to reduce the working pressures of this refrigeration system to almost half of its average operating value.

Keywords: Refrigeration system, use of carbon dioxide, refrigeration system in supermarkets.

INTRODUCCIÓN

Las emisiones de dióxido de carbono no son las más deseadas en el mundo ya que traen graves consecuencias con respecto al medio ambiente y a la sociedad, consecuencias tales como el efecto invernadero y la muerte de cerca el 2% de la población padeciendo enfermedades respiratorias a causa de los daños ambientales causados en gran medida de los gases en el medio ambiente (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), 2020).

Sin embargo, el dióxido de carbono es necesario para la supervivencia para quienes habitamos el planeta, como las plantas, por ejemplo, para su proceso de fotosíntesis o nosotros los humanos, para nuestros procesos de respiración y nuestros cambios.

Día a día se emitan grandes magnitudes de dióxido de carbono ya sea por industria, trenes, automotrices entre otros, pero el hombre no se ha preocupado en realizar el proceso de filtración que permita que este gas no llegue a la troposfera que es la capa más cercana a la tierra que completamente la atmosfera, es por esto por lo que el dióxido de carbono se puede experimentar en otros procesos como: conservante de alimentos, aderezo y conservante de cerveza, conservante principalmente de leche y ensaladas, como reductor de incendios ya que el dióxido de carbono no es inflamable; pero su aplicación más importante es la de refrigerante. (Montoya, 2010)

El dióxido de carbono como refrigerante está compuesto por 2 moléculas de oxígeno y una de carbono. El dióxido de carbono como refrigerante se ha venido experimentando desde mediados del siglo XVIII junto con las primeras evoluciones del campo automotriz en ingeniería mecánica, pero no se experimentó más a fondo en la actualidad porque se considera que el dióxido de carbono no es lo suficientemente volátil para ser un refrigerante confiable. (Barajas, 2003)

El dióxido de carbono tiene propiedades que lo conforman como un elemento no inflamable lo cual lo hace confiable como refrigerante, por lo tanto, este compuesto no resulta del todo malo para la sociedad y puede ser muy amigable para el medio ambiente utilizándose como refrigerante.

Actualmente, la elaboración de refrigerantes conlleva a un proceso que perjudica de gran manera al medio ambiente y a la sociedad, hoy en día su emisión produce una quema de carbono que genera también gases ambientales dañinos para todo el planeta. Sin embargo, si utiliza dióxido de carbono como refrigerante, se produce un proceso de reciclaje cuyas las

emisiones no serían dañinas para el medio ambiente, de hecho, su recolección resulta en cierto grado amigable para el medio ambiente y para las especies que habitan en este planeta.

(Sans, 2020)



ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	i
RESUMEN.....	ii
ABSTRACT.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	iv
CAPÍTULO I.....	1
1. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.....	1
1.1. Descripción del Problema.....	1
1.2. Objetivos.....	1
1.2.1. Objetivo General.....	1
1.2.2. Objetivos Específicos.....	1
1.3. Alcances.....	1
1.4. Justificación.....	2
1.5. Limitaciones.....	2
CAPÍTULO II.....	3
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Antecedentes de la Tesis.....	3
2.2. Marco de Referencia Teórico.....	6
2.2.1. Diseño.....	6
2.2.1.1. Definición.....	6
2.2.2. Cálculo.....	6
2.2.2.1. Definición.....	6
2.2.3. Sistema.....	6
2.2.3.1. Definición.....	6
2.2.3.2. Tipología.....	7
2.2.4. Refrigeración.....	7
2.2.4.1. Definición.....	7
2.2.4.2. Características.....	7
2.2.5. Dióxido de carbono.....	9
2.2.5.1. Definición.....	9
2.2.5.2. Características.....	9

2.3. Marco Conceptual.....	9
CAPÍTULO III	12
3. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL.....	12
3.1. El Sector de Estudio	12
3.1.1. Refrigerantes en Supermercados en Arequipa.....	12
3.1.1.1. Refrigerante R22 utilizado en el Supermercado Plaza Vea del Real Plaza en Arequipa.....	12
3.1.1.2. Refrigerante Elitenglicol utilizado en el Supermercado Tottus del Mall Cayma en Arequipa.....	17
3.1.1.3. Refrigerante R507 utilizado en el Supermercado Metro de Arequipa Center en Arequipa.....	20
3.1.2. Términos y Condiciones del Sistema de Refrigeración en Supermercados	24
3.1.2.1. Sistema Transcrítico	24
3.1.2.2. Sistema Subcrítico	24
3.1.2.3. Funcionamiento del Sistema de Refrigeración utilizando CO ₂	25
3.1.2.4. Beneficios del uso de un Sistema de Refrigeración utilizando CO ₂	26
3.1.2.5. Componentes del sistema de Refrigeración utilizando CO ₂	26
3.1.3. Comparativa de Propiedades de los Refrigerantes.	33
3.1.4. Comparativa Experimental de las Temperaturas que trabaja los Alimentos en los diferentes Supermercados.....	34
3.1.5. Espesores de las Cámaras de Refrigeración	36
3.1.5.1. Enlucido Exterior e Interior.....	36
3.1.5.2. Muro de Ladrillo.....	36
3.1.5.3. Barrera de Vapor	36
3.1.5.4. Piso Concreto.....	36
3.1.5.5. Losa de Concreto.....	36
3.1.6. Características del Supermercado.....	37
3.1.6.1. Ubicación.....	37
3.1.7. Condiciones	38
3.1.7.1. Personal Técnico Calificado y Capacitado.....	38
3.1.7.2. Operativas.....	38
3.1.7.3. Proveedores con Disponibilidad Inmediata.....	39
3.1.8. Aspectos Físicos Relevantes.....	40

3.1.8.1. Dimensionamiento de Supermercados	40
3.1.9. Cambios y Adecuaciones.....	41
3.2. Gráfica del Potencial del Calentamiento Global y Potencial Agotamiento del Ozono por efectos del uso de refrigerantes industriales.	42
CAPITULO IV	43
4. INGENIERÍA DE PROYECTO.....	43
4.1. Proceso de Instalación	43
4.1.1. Diagrama de Bloques.....	43
4.1.1.1. Diagrama de Bloques del Sistema Mecánico	43
4.1.1.2. Diagrama de Bloques del Área de Seguridad.....	43
4.1.2. Diagrama de Flujo	44
4.1.2.1. Diagrama de Flujo para la Instalación de Equipos Mecánicos.....	44
4.1.2.2. Diagrama de Flujo para la Instalación de los Equipos según el área de Seguridad.....	45
4.2. Cálculo del Diseño Teórico	47
4.2.1. Descripción del Proyecto.....	47
4.2.2. Cálculo de Cargas en el área de Lácteos	47
4.2.2.1. Acopio de Lácteos	47
4.2.2.2. Cantidad de Lácteos a Conservar	47
4.2.2.3. Dimensiones del Envase de Yogurt y de un Tarro de Leche.....	48
4.2.2.4. Dimensiones de la Cámara de Conservación de Lácteos	49
4.2.2.5. Dimensiones Exteriores de las Cámaras.....	49
4.2.2.6. Cálculo de Cargas Térmicas para la Cámara de Conservación de Lácteos	52
4.2.2.7. Carga Total en la Cámara de Conservación de Lácteos	56
4.2.3. Almacenamiento de Lácteos.....	57
4.2.3.1. Cantidad de Lácteos a Almacenar	57
4.2.3.2. Dimensiones de las Cámaras de Almacenamiento	57
4.2.3.3. Número Necesario de Cámaras	58
4.2.3.4. Dimensiones Exteriores de las Cámaras.....	58
4.2.3.5. Cálculo de Cargas Térmicas para la Cámara de Almacenamiento de Lácteos	60
4.2.3.6. Carga Total en la Cámara de Almacenamiento de Lácteos.....	61

4.2.3.7. Carga Total de Lácteos en el Supermercado	62
4.2.4. Cálculo de Cargas en el área de Frutas y Verduras	62
4.2.4.1. Dimensiones del Paquete de Frutas y Verduras	62
4.2.4.2. Resumen de Cálculo de Cargas Térmicas para la Cámara de Conversación de Frutas y Verduras	63
4.2.4.3. Carga Total de Conversación de Frutas y Verduras	65
4.2.5. Almacenamiento de Frutas y Verduras	65
4.2.5.1. Cálculo de Cargas Térmicas para la Cámara de Frutas y Verduras	65
4.2.5.2. Carga Total de Almacenamiento de Frutas y Verduras	67
4.2.5.3. Carga Total de Frutas y Verduras en el Supermercado	67
4.2.6. Cálculo de Cargas en el área de Fiambres	68
4.2.6.1. Dimensiones del Paquete de Fiambre	68
4.2.6.2. Cálculo de Cargas Térmicas para la Conversación de Cámaras de Fiambres	68
4.2.6.3. Carga Total de Conversación en la Cámara de Fiambres	70
4.2.7. Almacenamiento de Fiambres	70
4.2.7.1. Cálculo de Cargas Térmicas para la Cámara de Almacenamiento de los Fiambres	70
4.2.7.2. Carga Total de Fiambres	72
4.2.7.3. Carga Total de Fiambres en el Supermercado	72
4.2.8. Cálculo de Cargas en el área de Pasteles	73
4.2.8.1. Dimensiones Promedio de un Pastel	73
4.2.8.2. Cálculo de Cargas Térmicas para la Cámara de Conservación de los Pasteles	73
4.2.8.3. Carga Total de Pasteles	75
4.2.9. Almacenamiento de Pasteles	75
4.2.9.1. Cálculo de Cargas Térmicas para la Cámara de Almacenamiento de Pasteles	75
4.2.9.2. Carga Total de Pasteles	77
4.2.9.3. Carga Total de Pasteles en el Supermercado	77
4.2.10. Cálculo de Cargas en el área de Carnes	78
4.2.10.1. Dimensiones del Paquete de Carne	78
4.2.10.2. Cálculo de Cargas Térmicas para la Cámara de Conversación de Carnes	78

4.2.10.3. Carga Total de Carnes en el Área de Conservación	80
4.2.11. Almacenamiento de Carnes	80
4.2.11.1. Cálculo de Cargas Térmicas para la Cámara de Almacenamiento de Carnes	80
4.2.11.2. Carga Total de Carnes	82
4.2.11.3. Carga Total de Carnes en el Supermercado.....	82
4.2.12. Carga Global en el Supermercado	83
4.3. Cálculo del Diseño con Software	83
4.4. Cálculo de la Potencia del Compresor Teórica y su Selección	84
4.5. Cálculo de la Potencia del Compresor con Software y su Selección	87
4.6. Selección de Equipos.....	89
4.6.1. Selección del Rack de Frío	89
4.6.2. Selección de los Evaporadores	89
4.6.3. Selección del Intercambiador de Calor.....	91
4.6.4. Selección de la Válvula Reductora de Presión	97
4.6.5. Selección de Válvula de Estrangulación Termostática.....	98
CAPITULO V.....	99
5. Rentabilidad Económica.....	99
5.1. Costo de Implementación por el Proyecto.....	99
5.2. VAN.....	100
5.3. TIR.....	100
5.4. Cálculo del VAN y TIR del Proyecto.....	101
5.4.1. Cálculo del VAN	102
5.4.2. Cálculo del TIR	102
CONCLUSIONES.....	103
RECOMENDACIONES	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
ANEXOS	111
Anexo 1 Recomendaciones para la Conservación y Transporte de Alimentos Percederos.....	112
Anexo 2 Factores de Ganancia por Paredes	113

Anexo 3 Cambios de Aire para Temperaturas Mayores de 32°F	114
Anexo 4 Cambios de Aire para Temperaturas Menores de 20°F	115
Anexo 5 Calor Introducido a la Cámara (BTU/PIE)	116
Anexo 6 Tiempo de Enfriamiento y Factores de Ritmo de Enfriamiento	117
Anexo 7 Diversos Datos para algunos Productos.....	118
Anexo 8 Condiciones de Almacenaje y Duración de Productos Refrigerados	119
Anexo 9 Diversos Datos de Algunos Productos Alimenticios	120
Anexo 13 Derrateo por Altura en equipos eléctricos	123
Anexo 14 Similitud de unidades de Potencia de Watt a BTU.....	124
Anexo 15 Similitud de unidades de Potencia de KW a HP.....	124
Anexo 16 Rack de Frío para sistema de refrigeración utilizando CO ₂ como fluido refrigerante.....	125
Anexo 17 Tabla de las propiedades termodinámicas del refrigerante R134a saturado requeridos para transferencia de calor	126
Anexo 18 Tabla de las propiedades termodinámicas del refrigerante R134a saturado requeridos para balance térmico	127
Anexo 19 Tabla de las propiedades termodinámicas del refrigerante R744	128
Anexo 20 Ficha técnica de la válvula de membrana Spirax Sarco.....	128
Anexo 21 Dimensiones y costo del intercambiador de calor de placas.....	129
Anexo 22 Selección de la válvula de expansión electrónica que trabaja con R744	129
Anexo 23 Evaporadores para sistema de refrigeración utilizando CO ₂ como fluido refrigerante.....	130
PLANOS.....	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Refrigerante R22	12
Figura 2 Curva de presión contra temperatura del R22.....	15
Figura 3 Galonera de mono propilenglicol.....	17
Figura 4 Sistema en Cascada utilizando Dióxido de Carbono y R717.....	25
Figura 5 Comparativo de la Temperatura de Descarga por Refrigerante Secundario.....	26
Figura 6 Sistema en Cascada utilizando Compresores de Baja y Alta Temperatura	27
Figura 7 Evaporador para un sistema de refrigeración industrial.....	28
Figura 8 Condensador industrial para aplicaciones en sistemas de Refrigeración.....	29
Figura 9 Tubería galvanizada para aplicaciones industriales	29
Figura 10 Interior de la válvula de expansión termostática.....	32
Figura 11 Zonas de Conservación de Alimentos Según se Requiera.....	35
Figura 12 Ubicación del Mall Plaza Cayma visto desde Satélite	37
Figura 13 Técnico Especialista en Refrigeración y Electricidad.....	38
Figura 14 Técnico Especialista en Refrigeración y Electricidad.....	39
Figura 15 Técnico Especialista en Refrigeración y Electricidad.....	39
Figura 16 GWP y ODP generados por los refrigerantes	42
Figura 17 Diagrama de Bloques del Proceso de Instalación en el Sistema Mecánico	43
Figura 18 Diagrama de Bloques del Proceso de Instalación en el Sistema Mecánico	44
Figura 19 Diagrama de Flujo del Proceso de Instalación en el Sistema Mecánico.....	45
Figura 20 Diagrama de Flujo del Proceso de Instalación en el Área de Seguridad	46
Figura 21 Envase de plástico de yogurt.....	48
Figura 22 Envase de lata de leche evaporada.....	48
Figura 23 Dimensiones de un Paquete Promedio de Espárragos	62
Figura 24 Dimensiones de un Paquete Promedio de Salchichas.....	68
Figura 25 Dimensión Promedio de un Pastel	73
Figura 26 Dimensión Promedio de un kilo de Carne	78
Figura 27 Plano en 3D del supermercado por Autodesk Revit	83
Figura 28 Resumen del Proyecto por Autodesk Revit	84
Figura 29 Diagrama P-H R744.....	85
Figura 30 Cálculo de la Potencia del Sistema de Refrigeración.....	88
Figura 31 Diagrama en Software del Sistema de Refrigeración	88

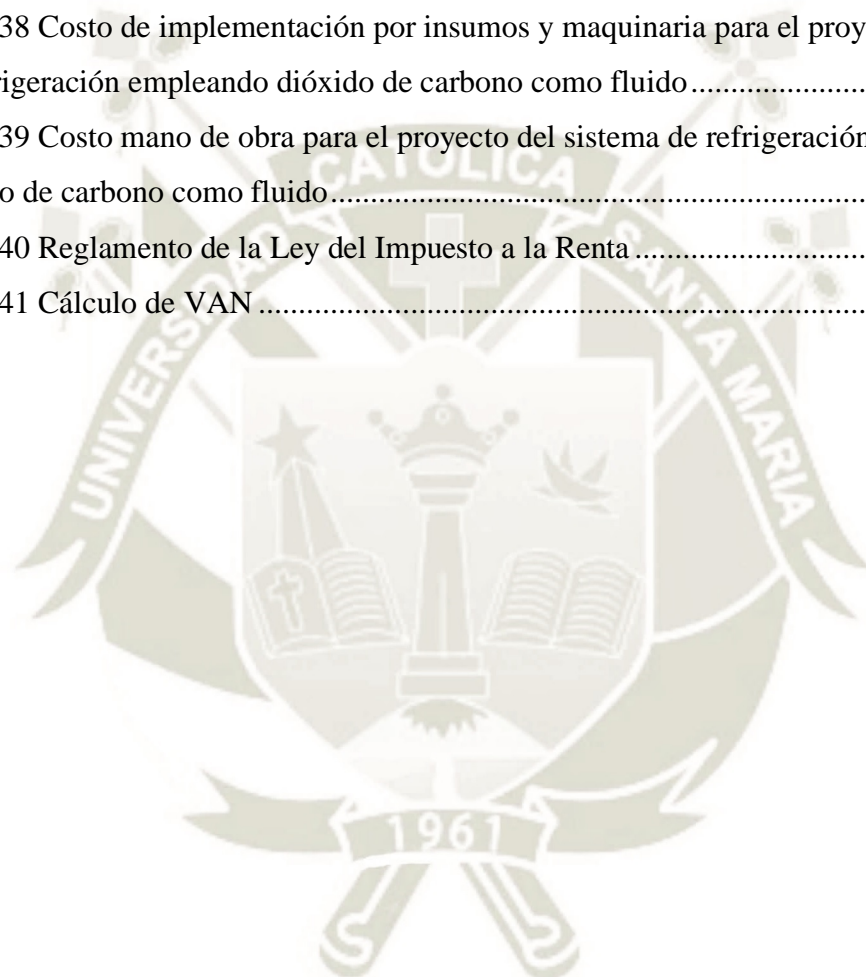
Figura 32 Valores del cálculo por Software del Sistema de Refrigeración.....	88
Figura 33 Cálculo de la Potencia en Software del Sistema de Refrigeración	89
Figura 34 Vitrina para carnes	90
Figura 35 Vitrina para lácteos	90
Figura 36 Vitrina para pasteles.....	91
Figura 37 Intercambiador de placas.....	91
Figura 38 Diagrama P-H utilizando R-134a desarrollado en el cálculo.....	92
Figura 39 Intercambiador de calor de placas T2-BFG	97
Figura 40 Válvula reductora de presión	98
Figura 41 Válvula estranguladora electrónica.....	98



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades físicas y químicas del R22	14
Tabla 2 Valores termodinámicos del refrigerante R22.....	16
Tabla 3 Propiedades físicas del refrigerante Etilenglicol	19
Tabla 4 Presión de vapor en kPa con respecto al porcentaje de mezcla de agua y glicol ...	20
Tabla 5 Fluidos que comprenden el refrigerante R507	21
Tabla 6 Propiedades físicas del refrigerante R507	22
Tabla 7 Termodinámica del Refrigerante R507	23
Tabla 8 Dimensiones y Características de la Tubería para Conducción de Agua, Gas y Aire ASTM A-53	30
Tabla 9 Tabla Termodinámica del Refrigerante R-744.....	31
Tabla 10 Beneficios del refrigerante R-22	33
Tabla 11 Beneficios del refrigerante Glicol	33
Tabla 12 Beneficios del refrigerante R-507	33
Tabla 13 Beneficios del refrigerante R-744	33
Tabla 14 Rangos de Temperatura por Alimento Refrigerando en Plaza Vea	34
Tabla 15 Rangos de Temperatura por Alimento Refrigerando en Tottus	34
Tabla 16 Rangos de Temperatura por Alimento Refrigerando en Metro.....	34
Tabla 17 Datos Promedios de Temperaturas a Refrigerar respecto al Alimento	35
Tabla 18 Medidas Generales	37
Tabla 19 Aforo por Persona por Metro cuadrado en Supermercados	40
Tabla 20 Anchos de Mínimo de Vanos por Tipo de Ambiente.....	40
Tabla 21 Área Mínima por tipo de Producto en Supermercados	41
Tabla 22 Beneficio de Producto por Tipo de Lácteo.....	47
Tabla 23 Cantidad de Productos Lácteos a Conservar	47
Tabla 24 Cantidad de Productos Lácteos a Conservar en la Cámara de Refrigeración	48
Tabla 25 Dimensiones Internas de las Cámaras	49
Tabla 26 Condiciones de Almacenaje para Productos Refrigerados.....	49
Tabla 27 Espesor de Pared Cámara de Conservación para Lácteos	50
Tabla 28 Espesor de Techo Cámara de Conservación para Lácteos	50
Tabla 29 Espesor de Piso Cámara de Conservación para Lácteos	51
Tabla 30 Dimensiones Exteriores de la Cámara de Conservación de Lácteos.....	51

Tabla 31 Cantidad de Productos Lácteos a Almacenar	57
Tabla 32 Dimensiones Internas de las Cámaras	57
Tabla 33 Cantidad de Cámaras Necesarias.....	58
Tabla 34 Espesor de Pared Cámara de Conservación para Lácteos	58
Tabla 35 Espesor de Techo Cámara de Almacenamiento para Lácteos	59
Tabla 36 Espesor de Piso Cámara de Almacenamiento para Lácteos	59
Tabla 37 Dimensiones Exteriores de la Cámara de Almacenamiento de Lácteos	59
Tabla 38 Costo de implementación por insumos y maquinaria para el proyecto del sistema de refrigeración empleando dióxido de carbono como fluido.....	99
Tabla 39 Costo mano de obra para el proyecto del sistema de refrigeración empleando dióxido de carbono como fluido.....	99
Tabla 40 Reglamento de la Ley del Impuesto a la Renta	101
Tabla 41 Cálculo de VAN	102



LISTA DE ACRÓNIMOS

Símbolo	Descripción	Unidad
A	Espesor de la pared	[m]
Ae	Área exterior	[m ²]
Ai	Ancho interior	[m]
b	Espesor del techo	[m]
c	Espesor del piso	[m]
c _a	Calor específico del producto	[kJ/kg-K]
c _{pl}	Calor específico	[w/kg-m.°C]
ec	Espesor del caucho	[m]
F	Factor de conversión de Watt a BTU	[-]
f	Factor de ritmo de enfriamiento	[-]
F ₁	Factor de ganancia por pared	[-]
F ₂	Factor de cambio de aire	[-]
F ₃	Factor de cambio inducido	[-]
FN	Flujo Neto	[-]
Fr	Factor de respiración	[-]
g	Aceleración gravitatoria	[m/seg ²]
h	Entalpía	[kJ/kg]
h _{fg}	Variación de entalpía	[kJ/kg]
Hi	Alto interno	[m]
h _{vent}	Coefficiente de transferencia de calor en placas planas	[W/ m ² . °C]
i	Tasa de actualización	[-]
I _o	Inversión inicial	[-]
k	Número de periodos considerados	[-]

L	Altura de la placa vertical	[m]
Li	Largo interior	[m]
\dot{m}	Flujo másico	[kg/s]
Nf	Cantidad del área iluminada	[W/m ²]
Pf	Área iluminada	[m ²]
q ₁	Carga de calor por pared, techo y piso	[kW]
q ₂	Carga solar	[kW]
q ₃	Carga por cambio de aire	[kW]
q ₄	Carga por producto	[kW]
q ₅	Cargas diversas	[kW]
q _{5a}	Carga por persona	[kW]
q _{5b}	Carga por iluminación	[kW]
q _{5c}	Carga por envases	[kW]
q _{5d}	Carga por respiración	[kW]
Q _b	Calor del sistema de almacenamiento de compresores	[kW]
Q _g	Calor ganado por transferencia de calor	[kW]
Q _p	Calor perdido por transferencia de calor	[kW]
q _t	Calor total por cámara de alimento específico	[kW]
q _{t'}	Calor total de la cámara de conversación de alimentos	[kW]
q _{t''}	Calor total de la cámara de almacenamiento de alimentos	[kW]
t	Tiempo de enfriamiento	[hora]
T ₁	Temperatura de ingreso a la cámara	[°C]
T _e	Temperatura exterior	[°C]
t _i	Horas de iluminación de la cámara de enfriamiento	[hora/día]
T _i	Temperatura interior	[°C]
TIR	Tasa interna de retorno	[-]

T_s	Temperatura superficial del líquido	[°C]
T_{sat}	Temperatura de saturación del líquido	[°C]
VAN	Valor actual neto de un proyecto	[-]
V_i	Volumen interior	[m ³]
\dot{W}	Potencia Independiente del compresor	[kW]
W_{env}	Peso del envase	[kg]

Números Adimensionales

Símbolo	Descripción	Unidad
Re	Número de Reynolds	[-]

Símbolos Griegos

Símbolo	Descripción	Unidad
ΔT_e	Cambio de temperatura	[°C]
μ_l	Viscosidad dinámica	[kg-m/m.seg]
ν_l	Viscosidad cinemática	[m ² /seg]
ρ_l	Densidad del líquido	[kg-m/m ³]
ρ_v	Densidad del vapor	[kg-m/m ³]

Subíndices

Símbolo	Descripción
1	Calor por pared, techo y piso
2	Calor solar

3	Calor por cambio de aire
4	Calor por producto
5	Calores diversos
a	Calor por persona
b	Calor por iluminación
c	Calor por envase
d	Calor por iluminación
env	Envase
f	Primer estado
g	Segundo estado
i	Interior
s	Superficie
sat	Saturación
t	total
vent	ventilación

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. Descripción del Problema

En la actualidad los sistemas con refrigeración con dióxido de carbono no son los más utilizados del mercado, debido a que el R-134a es el refrigerante más comercial que hay en el mundo, pero el refrigerante de dióxido de carbono o técnicamente llamado R-744 tiene emisiones mucho más reducidas a comparación del mencionado, como características más resaltantes, es incoloro y no es inflamable. También el dióxido de carbono se encuentra en el medio ambiente desde la exhalación de los animales y las personas como en la inhalación de las plantas y en la emanación de los gases en los vehículos de transporte como en las fábricas, dando algunos ejemplos.

Se propone plantear el uso del dióxido de carbono en los sistemas de refrigeración que existen hoy por hoy en los supermercados que se encuentran dentro de los malls como alternativa ecológica para su estudio e implementación.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar el diseño y cálculo de un sistema de refrigeración utilizando dióxido de carbono para supermercados.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Justificar el diseño del sistema de refrigeración utilizando dióxido de carbono para supermercados.
- Comprobar la rentabilidad económica del proyecto con el VAN y la TIR.
- Desarrollar el cálculo para seleccionar los equipos adecuados con nulo impacto medioambiental.

1.3. Alcances

El presente proyecto contempla el diseño y cálculo de un sistema de refrigeración utilizando como refrigerante el dióxido de carbono utilizado en supermercados localizados mayormente en los malls, para su demostración posterior puede ser más beneficioso que el uso de los refrigerantes actualmente utilizados en el mundo.

1.4. Justificación

El sistema de refrigeración con dióxido de carbono o técnicamente llamado R-744 a comparación de los más comerciales actualmente como es el caso principal del refrigerante R-134a, es menos dañino para la capa de ozono además que el dióxido de carbono lo encontramos en abundancia en el medio ambiente, ya que los humanos lo exhalan y las industrias y medios de transporte lo emanan a través de gases, también se sabe que los refrigerantes que se usan actualmente, los famosos HCFCs que es un compuesto formado por átomos de cloro, flúor, hidrógeno y carbono, al expulsarse al medio ambiente lo que ocasiona es el desligamiento del ozono, ya que las moléculas de cloro son las que separan las 3 moléculas de oxígeno que compone el ozono y así se crean las grietas en la capa de ozono y es algo que se quiere evitar y detener.

Por tanto, esta tesis estará centrada en obtener el diseño de un sistema de refrigeración utilizando dióxido de carbono aplicado en los supermercados que hay en los malls, y a una mayor escala serviría para disminuir la emisión de cloro al medio ambiente y asimismo reducir la expansión de la apertura de la capa de ozono.

1.5. Limitaciones

- Su empresa debe realizar una inversión que bordea los S/. 379,990.00 soles para utilizar esta implementación moderna con nulo impacto medioambiental.
- De existir alguna falla imprevista y los operarios presentes no llegan a tener el conocimiento adecuado para salvar este hincapié, existirá una gran pérdida de horas de trabajo porque los proveedores de este sistema son muy pocos a nivel nacional para dar una rápida solución al problema.
- Si se requiere cambiar alguna pieza de los equipos, sobre todo en los compresores, tendremos que esperar a que el repuesto llegue por importación el tiempo que sea necesario.
- Las altas presiones de este sistema de refrigeración propuesto, hará que los usuarios tiendan a cuidarse mucho más que utilizando otro sistema de refrigeración.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Tesis

Marín, A. Montoya, S. Diseño y Construcción de un Equipo Didáctico de Acondicionamiento de Aire Tipo “Mini Split”, para el Laboratorio de Refrigeración de la Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia.

La contaminación y los cambios climáticos son fenómenos que se han venido presentando durante los últimos años, adquiriendo cada vez más fuerza. Por esta razón las personas buscan tener mejores condiciones ambientales haciendo uso de los sistemas de acondicionamiento de aire.

Este trabajo de grado consiste en el diseño y construcción de un equipo de acondicionamiento de aire tipo mini split con fines educativos, con este se pretende mostrar el proceso de instalación que requieren estos equipos, el ahorro significativo que puede llegar a tener una instalación adecuada siguiendo las prácticas de instalación, mantenimiento y uso recomendadas, el monitoreo de las variables involucradas en el proceso por medio de unos sensores de presión y temperatura, se ubicará un medidor del consumo energético para observar el comportamiento del equipo bajo diferentes condiciones de operación. En el ciclo de refrigeración correspondiente se emplea el refrigerante R410a.

Para ello se elaboró una estructura en perfiles de aluminio en la cual se ubican las unidades del mini Split que son el evaporador y el condensador. (Marín Guarín & Montoya Correa, 2015)

Céspedes, La pesca artesanal en la zona de Pucallpa es una actividad fundamental en la economía de los pobladores de esta zona, debido a que proporciona alimento a los pobladores. Los medios en que se movilizan los pescadores artesanales para realizar la labor de pesca artesanal son llamados pekepekes, los cuales son canoas que usan motores estacionarios de combustión interna.

Los medios en que se movilizan los pescadores artesanales para realizar la labor de pesca artesanal son llamados pekepekes, los cuales son canoas que usan motores estacionarios de combustión interna. En cuanto al método de conservación más común y utilizado por los pescadores artesanales son los bloques de hielo transportados en sus pekepekes. Por último, también aplican el salado. A fin de mejorar la conservación de sus

capturas, se propone un sistema de refrigeración compuesto por: una unidad condensadora, refrigerante R-290.

El sistema propuesto, tiene un peso aproximado de 89kg sin carga de pescado y que es posible montarlo en un peke-peke promedio de 6 toneladas con la ayuda de cuatro personas. Por otro lado, el diseño del sistema está sujeto a modificaciones y puede seguir optimizándose. (Céspedes Urrutia, 2012)

Diseño del Sistema de Enfriamiento de Partes Hidráulicas y Mecánicas de un Circuito de Molienda. Valdivia, Chile. (Sepúlveda, 2015)

Se requiere diseñar un sistema de enfriamiento de un circuito de molienda y realizar una comparación económica entre las diferentes tecnologías de enfriamiento que existen actualmente: Torres de Enfriamiento, Aero enfriadores y Chiller.

El trabajo fue realizado en base a datos promedio, obtenidos de proyectos reales llevados a cabo durante el año 2011 y 2013, los cuales fueron desarrollados por diferentes empresas de ingeniería.

Sumado a ello se realizará la comparación a tres diferentes alturas sobre el nivel del mar las cuales son: 1.700, 3.200 y 4.000 m.s.n.m., ya que el modo de operación de las tecnologías mencionadas se ve afectado por las condiciones ambientales de la zona donde vaya a ser instalado el sistema.

La elección de la tecnología se toma en base a la disponibilidad de agua del sector o bien, si el usuario final está dispuestos a tener un mayor consumo de potencia utilizando Aero enfriadores o Chiller. (Sepúlveda, 2015)

Herrera E. Diseño de un Sistema de Refrigeración Mecánica en Pesquero Artesanal.

El principal objetivo de esta investigación es diseñar un sistema de refrigeración mecánica que trabaje con un sistema de compresión y el fluido vapor de agua, y será utilizado en todos los alimentos marinos que arriben a puerto.

Con el fin de que este proyecto sea viable, se requiere investigar si en este sector chileno, el sector industrial ve por conveniente refrigerar los productos marinos realizando un bosquejo de los implementos necesarios que se utilizarán en este proyecto.

Se procedió a evaluar el cubículo de la bodega de la embarcación en donde estará situado el sistema de refrigeración mecánico como también el espesor del aislamiento de poliuretano. Sumado a ello, se realizó el cálculo del calor a remover de los productos

marinos, seleccionamos los equipos necesarios para este sistema, también se evaluó si la embarcación era lo suficientemente estable para llevar un sistema de refrigeración incluyendo a las personas que estarán en la embarcación.

Y para finalizar, se evaluó el aspecto monetario para determinar si este estudio será rentable. (Herrera, 2006)

Huanca, E. Diseño de un sistema de aire acondicionado para un restaurante ubicado en la ciudad de Lima.

Se pretende implantar la opción de instalar un sistema de aire acondicionado que estará ubicado en la ciudad de Lima, teniendo en consideración las instalaciones que se encuentran actualmente en el local.

Con el fin de que el cliente se sienta confortable en el restaurante, hemos considerado utilizar la normativa ASHRAE para que el consumir se sienta en un ambiente cómodo el tiempo que albergue el lugar.

A lo largo de la investigación se toma en consideración el cálculo de la cantidad de calor a acondicionar incluyendo las luminarias, cuerpos humanos e inertes como también su valorización en el mercado para tener un costo promedio y cercano por la inversión de un sistema de aire acondicionado en el restaurante.

La selección de equipos para instalarlos en el local, deben ser de calidad y debidamente seleccionados para generar el mayor ahorro energético posible al propietario del habitáculo. (Huanca, 2016)

Barrantes, E. Diseño de un Congelador continuo individual IQF con una Capacidad de 200 Kg/hr de Espárragos.

Esta investigación tiene la finalidad de estudiar el trabajo de una torre de enfriamiento para refrigerar el vegetal espárrago contemplando valores calculados de temperatura mínimas y máximas entre valores de -30°C hasta -10°C .

Se considera como refrigerante de este sistema al amoniaco en un ciclo de dos etapas con una estructura de metal que soporte todos los alimentos y equipos que estarán en él.

El cálculo se generó considerando las cargas térmicas que presenta en global todo el sistema, así como también la estructura calculada para este mismo sistema teniendo en consideración los aspectos del aislamiento de las paredes, cargas en general de todos los cuerpos inertes en el sistema y en cuando a la estructura, contemplamos los perfiles y

diámetros que ella tendrá para dimensionar de acuerdo a lo necesario y soporte del sistema de refrigeración.

También se consideró el gasto energético, la caída de presión y la velocidad máxima que tendrá el fluido que atravesará a lo largo de este sistema. (Ramos Gómez, 2013)

2.2. Marco de Referencia Teórico

2.2.1. Diseño

2.2.1.1. Definición

De acuerdo a lo explicado por Hernández & Mendoza se define como diseño a la acción de establecer una herramienta que permita alcanzar requerimientos específicos o dar solución a un problema. (Hernández & Mendoza, 2017)

2.2.2. Cálculo

2.2.2.1. Definición

Según lo compuesto por Rodríguez, Pierdant & Rodríguez una definición del cálculo para exponérselo:

Se define como el cálculo que tiene actividad y alteración, cuando es necesario utilizar esta división se emplea donde hay actividades, específicamente cuando se hay variables; como muestra, cuando se cuantifica el área de las estrellas, en los desplazamientos en navíos, los terrenos de los satélites y cinturones de estrellas, los flujos del mar, etcétera. Hoy por hoy, las matemáticas son más importantes en nuestras vidas como por ejemplo nos ayudan a resolver dudas en el tema económico, comercio, ingeniería, entre otros. (Rodríguez, Pierdant, & C, 2018, pág. 147)

2.2.3. Sistema

2.2.3.1. Definición

Considerando lo descrito por el Barbosa, Gutiérrez & Jiménez refiere que la definición de sistema es la que a continuación enuncio:

Se define como una cantidad fija de materia o área en donde se toma para su evaluación. Se puede catalogar regularmente en dos regiones que son blanco o negro.

La frontera que distancia un lugar con su entorno tiene el nombre de límite, y el espacio de inspección llega a ser un cuerpo de evaluación. Los límites de los métodos tienden a ser estables o portables llegando a tener la estabilidad de una geometría de un cuerpo

evaluado. A diferencia al cuerpo evaluado, el método que estudia los intercambios de calor y trabajo en un área específicamente hacen intercambio de calor en su entorno. El método que tomamos en cuenta lo consideran lejano porque no llega a relacionarse de alguna forma con su entorno. (Barbosa, Gutiérrez, & Jiménez, 2015, pág. 5)

2.2.3.2. Tipología

De acuerdo a lo explicado por Juárez & Morales se explica a continuación:

- Sistema Cerrado: Se define este método como quien no puede realizar un intercambio de calor mediante sus fronteras. (Juárez & Morales, 2015, pág. 2)

Según lo compuesto por Velasco, Martínez & Gómez cuenta un nuevo tipo de sistema para exponérselo:

- Sistema Abierto: Los indicadores variables se diferencian en el inicio del cuerpo de inspección, llegando a la conclusión que sitios puntuales del terreno llegan a guardar un temple diferente. (Velasco, A, & Gómez, 2011, pág. 56)

Sin embargo, un tipo de diseño como se muestra a continuación:

- Sistema Aislado: En este lugar no hay intercambio de un calor con el entorno. Este método es una sucesión específica donde lo único que sucede es cuando está ligado al aumento de calor. (Barbosa, Gutiérrez, & Jiménez, 2015)

2.2.4. Refrigeración

2.2.4.1. Definición

Lo puntualizado por el señor Bhattacharjee, nos informa de la definición que presenta la palabra refrigeración:

Se define como un sistema de refrigeración a un sistema periódico y este depura la energía de la superficie elevándolo a sus alrededores. El territorio congelado llega a ser el área fría y el territorio con calor mayormente depende de los alrededores del refrigerador.

La suba de caudal de energía, trabaja como un almacén caluroso. Entonces, llega a ser un proceso de enfriamiento que excluye la energía, Q_c (Bhattacharjee, 2016, pág. 384)

2.2.4.2. Características

Sin embargo, el texto del señor Faires, añade una característica de refrigeración como se muestra a continuación:

- El ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor: se forma una figura que tiene como resultado varios procesos del ciclo invertido dado por Carnot que llega a ser suprimidos al vaporizar el frigorífico en su totalidad antes de ser comprimido y al cambiar el equipo que genera flujo con un equipo de apriete, similar a las lámparas alógenas.

Un periodo llega a ser nombrado como ciclo ideal del sistema refrigerativo que comprime el vapor, reflejando de forma simplificada con un esquema $T-s$. La fase donde se refresca usando la presión del vapor, llega a ser el más usado en neveras, métodos que climatizan con viento y elevadores de caudal de energía.

- Ciclo real de refrigeración por compresor de vapor: El periodo de congelamiento utilizando el ciclo de vapor se diferencia del del ideal. La restricción del caudal origina que reduzca la presión en el tránsito de este y el cambio de energía con dirección o partiendo del entorno. El esquema $T-s$ llega a ser un ciclo real donde se enfría usando la compactación del vapor.

Estando en un ciclo perfecto, el gas enfriador escapa del vaporizador e ingresa donde está la compresora esto en forma de gas. A pesar de ello, con praxis, resulta imposible vigilar la situación de este gas a exactitud. Por otro lado, resulta sencillo dibujar un estado tal que el gas llegue a calentarse poco en el ingreso de este compresor.

- El ciclo invertido de Carnot: Debemos recordar que en el periodo de Carnot tiene un ciclo enteramente cambiante y lleva consigo varias secuencias con la misma temperatura y otras con igual entropía. Estas contienen gran confiabilidad en el campo térmico con el fin de saber los límites de temperatura y su utilidad como un modelo que esta opuesto en donde los periodos de energía se comparan.

En tal forma en un periodo cambiante, las secuencias que tiene nuestro periodo de Carnot pueden cambiar. Cuando se hace, se debe cambiar los caminos de alguna interrelación de energía o potencia. Cuando se tiene el fin, llega a mostrarse como un ciclo en donde trabaja en camino inverso de las agujas del reloj con relación al diagrama $T-s$ teniendo el nombre de ciclo invertido de Carnot. El enfriador o una bomba tiende a trabajar con un ciclo invertido en donde se dice que es similar a un enfriador de Carnot o una bomba de Carnot. (Faires, 2017, pág. 616)

2.2.5. Dióxido de carbono

2.2.5.1. Definición

De acuerdo a lo explicado por Zurita, la definición del dióxido de carbono se detalla de la siguiente manera:

Nuestro CO₂ presenta una importancia alta para los seres vivos. Nuestros vegetales generan su calor con su proceso fotosíntesis: utilizan nuestro líquido que se encuentra en la tierra, cogiendo del aire el CO₂, transformándolo en energía, soltando el aire que tiene el líquido cuando acaba este proceso. La disminución de CO₂ en el aire es el resultado de este proceso, dando la mano a disminuir el daño medio ambiental por los grandes tonelajes de CO₂ enviados a la atmosfera por día cuando ignicionan un procedente de algún combustible. (Zurita, 2009, pág. 64)

2.2.5.2. Características

Como detalla el libro de Otterabach nos da a conocer una característica para el conocimiento del público que es la siguiente:

Como energía combustible: Alrededor como del ochenta por ciento de la potencia que hay en el mundo aún se genera por la inflamación de compuestos antiguos como combustibles. El CO₂ llega a ser el producto final cuando se inflama estos con el fin de producir corriente, similar a los vehículos o de sucesiones para generar metales o combustibles. Con esta manera, la finalidad inicial de proteger el mundo debería partir de un origen secundario y que puedan reutilizarse con la petición de energía por parte de la población que es elevada cada día que pasa, los orígenes de potencias y sea independiente de incendiar nuestros bienes escasos y reducidos, a consecuencia de que no expandan más dióxido de carbono al medio ambiente. (Otterabach, 2014, pág. 10)

2.3. Marco Conceptual

Sin embargo, a su vez una definición de aire acondicionado como se muestra a continuación:

- a. Aire acondicionado: Presenta un método que nos da alternativas de temple que se encuentra en la habitación y que quita la humedad del sitio. La terminando propiedad expuesta no es popular y menos aplicada, aunque si da un mayor crecimiento en su confiabilidad.

- b. Ciclo: Es una sucesión de periodos o situación en donde transcurre un evento o manifestación produciéndose con una colocación específica alcanzando un punto en donde empieza reproducirse el hecho de la misma manera.
- c. Amoniaco: Es un fluido sin olor molesto, teniendo en su interior H_2 y N_2 solventes en líquido, se utiliza con cimiento en la planificación en diversos cloruros de sodio; podemos utilizarlo cuando se manufactura de urea y en la utilidad de aseo o enfriamiento de productos.
- d. Cloro: Componente que se encuentra en la tabla periódica con el número diecisiete, con peso atómico treinta y cinco, cuatrocientos cincuenta y tres, con emblema Cl; este es un fluido con presencia amarillenta añadido a verde, sumado a su aroma poderoso y molesto, es tóxico en elevadas dosis, no es común encontrarlo en el medio ambiente, su principal objetivo es aclarar la epidermis además de otros objetivos vivos, se emplea cuando desean eliminar bacterias y alistar sustancias diversas.
- e. Oxígeno: Este es un componente que se encuentra en la tabla periódica con el número ocho, peso por átomo de quince, noventa y nueve teniendo un emblema con la letra O, llega a ser un fluido sin color y sin olor y este podemos encontrarlo inmerso en el oxígeno, por los líquidos, con los humanos hallándose en cantidades grandes en los elementos vivientes y no vivientes; no cambia cuando espiramos y menos en la ignición, lo utilizamos cuando soldamos y llegamos a recomendarlo para su ingesta a los clientes en hospitales que tienen percances espiratorios y en hombres que normalmente son pilotos.
- f. Válvula: Es un elemento de apertura y bloquea el camino del gas que atraviesa una tubería de un cierto equipo, mecanismo o artefacto, puede ser por un presostato, por un solenoide, etcétera.
- g. Líquido: Es un elemento que tiene porciones de un objetivo y nos muestran gran cantidad de movimiento a diferencia de los que son firmes y aun menos los que se pueden emanar, sin exponerse con una geometría concreta, en contrario de un cuerpo estático esparciéndose en un contenedor encerrándolo y este le da su geometría.
- h. Gas: Es un vapor que no tiene geometría y menos cuerpo suyo, y sus fracciones de cuerpo llegan a alejarse entre ellas sin expresar la actividad a diferencia del agua.
- i. Presión: Es el hecho de comprimir o prensar.
- j. Temperatura: Escalón o altura termal que tiene un volumen de la tierra o del aire.
- k. Tubería: Canal comprendido por ductos y estos dividen el agua y vapores.

- l. Filtro: Es un objeto que tiene agujeros finos en él, y por este conducto atraviesa el líquido con el fin de limpiarlo y separar las partículas malas de él.
- m. Compresor: Elemento que tiende a presionar y se utiliza con el fin de prensar.
- n. Evaporador: Es un elemento que tiene la utilidad de quitarle la humedad a los comestibles, alimentos para el origen humano.
- o. Entalpía: Se define como una porción de potencia que es retenida por un objeto. Sustituye un elemento de la termodinámica representada por el grafema h grande, con la diferencia de la toma, presentamos una porción de potencia que viene por sí sola o a su vez traspasada a través de este método, llega a ser la potencia de un método da en un territorio,
- p. Masa: Es la mixtura que tiene forma, es estable y movable y esta se obtiene descomponiendo objetos duros, golpeados o hechos polvo en fluidos; con mayor importancia cuando se utiliza para realizar postres, pasteles, etcétera.
- q. Calor: Es la potencia que expone dado a un elevado temple dando una conducta que cambia y se deriva con potencias; empieza con los desplazamientos oscilantes de partículas y fracciones de ella llegando a comprender estos volúmenes.
- r. Trabajo: Hecho o movimiento con el que se realiza una faena.
- s. Potencia: Es la aptitud para desarrollar obligaciones similares a actos, también llega a realizarse un cierto efecto. (Guío Gutiérrez, 2011)

CAPÍTULO III

3. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

3.1. El Sector de Estudio

3.1.1. Refrigerantes en Supermercados en Arequipa

3.1.1.1. Refrigerante R22 utilizado en el Supermercado Plaza Vea del Real Plaza en Arequipa

El refrigerante utilizado en Plaza Vea del Real Plaza de Arequipa es el que a continuación presentaremos:

- Definición del R-22: Este fluido se utiliza normalmente en los proyectos de refrigeración y en sistemas industriales de aire acondicionado. Este fluido clorodifluorometano que es el R-22, actualmente está restringido del mercado ya que se ha comprobado que el uso del mismo provoca la apertura de la capa de ozono. Los sistemas de refrigeración que utilicen el refrigerante R-22 a la fecha 31 de diciembre del 2009, deben ser reemplazados.

Figura 1 Refrigerante R22



Fuente: Lynn, (2017)

- Obligación del propietario: Es preocupante que la utilizando del refrigerante R-22 siga incrementando por la constante utilización del mismo por los trabajadores y quienes operan los equipos industriales. Los responsables del monitoreo de estos equipos, tienen la ocupación de ver cualquier tipo de fallas, alarmas e históricos que los equipos presenten. Si es que la empresa no sigue este procedimiento, las penalidades a pagar serán muy elevadas.
- Equipo existente: Las máquinas que hoy en día que trabajan con el refrigerante R-22 en cualquier ámbito de refrigeración aún pueden utilizarlo. La desventaja de ello es que los dueños de este sistema de refrigeración ya no podrán comprar más

balones de este fluido para que el sistema pueda seguir trabajando. Este refrigerante se pudo reutilizar hasta fines del año 2014, con la finalidad de realizar servicios preventivos a los equipos. Cuando el sistema requiera carga, no podrá porque este refrigerante esta descontinuado del mercado por el impacto medio ambiental que genera.

- Alternativas: En relación que el refrigerante R-22 sale del mercado lentamente, también se está produciendo mayores variantes de refrigerantes para el consumo industrial, siendo la mejor opción de alternativa el refrigerante R417a, en comparación al R-22, no agrieta la capa de ozono siendo más amigable con el medio ambiente, a pesar de estos beneficios, se encuentra bajo investigación porque se desconoce otros posibles efectos secundarios, también se espera instalar en los domicilios para promover su venta pero no existe alguna aprobación internacional que pueda asegurar su ecología. (Lynn, 2017)

Sin embargo, existen diferentes propiedades de este refrigerante como se muestra a continuación:

- Características del Refrigerante R22: El refrigerante R22, es uno de los mejores por sus excelentes propiedades termodinámicas haciendo que el usuario lo utilice como la mejor opción para aplicaciones de media y alta temperatura en instalaciones no transportables, en sistemas de refrigeración entre otros.
- Propiedades químicas y físicas del R22: A continuación, detallamos las propiedades de este refrigerante que actualmente se encuentra descontinuado del mercado. (Plusfroid, 2015)

Tabla 1 Propiedades físicas y químicas del R22

FÓRMULA QUÍMICA	Unidad	CHClF ₂
NÚMERO ASHRAE	-	R22
Peso Molecular	-	86.47
Temperatura de ebullición	°C	-40.8
Temperatura de congelación	°C	-160
Temperatura crítica	°C	96.15
Presión crítica	bar	49.88
Densidad crítica	Kg/l	0.513
Densidad del líquido (25°C)	Kg/l	1.19
Presión de vapor (25°C)	bar	10.44
Conductividad térmica del líquido (25°C)	W/m.K	0.0868
Conductividad térmica del vapor (25°C, 1.013 bar)	W/m.K	0.0113
Solubilidad de agua (25°C, 1.013 bar)	%	0.30
Viscosidad del líquido (25°C)	mPas	0.178
Viscosidad del vapor (25°C)	mPas	0.0127
Límite de Inflamabilidad en el Aire	% vol	ninguno

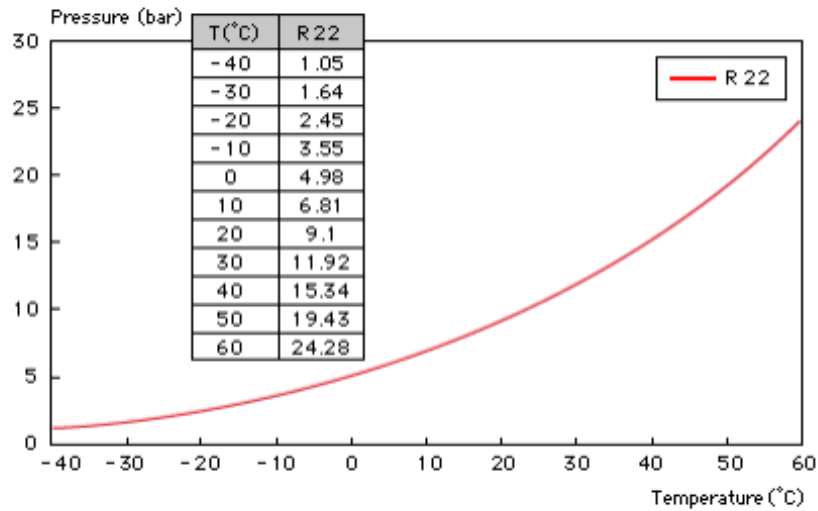
Fuente: Plusfroid, (2015)

- Materiales que son miscibles con el R22: Este fluido tiene propiedades que da estabilidad en el sistema, además es compatible con cualquier accesorio inmerso en el diseño de sistemas de refrigeración, a pesar de ello, es necesario evadir la utilización de los siguientes materiales: aleaciones de aluminio, zinc y magnesio, evitando la presencia de aluminio no más del dos por ciento de su concentración global. Este refrigerante es miscible con casi todos los elastómeros, aunque también depende del aceite utilizado como de la temperatura de trabajo que estará el refrigerante, es ahí cuando tenemos que observar cómo actúa este fluido, la compatibilidad de este refrigerante con los aceites, viene a ser con los poliésteres y minerales. (Plusfroid, 2015)
- El refrigerante y su toxicidad: Este refrigerante en cuanto a toxicidad, su presencia es muy reducida. En cuanto a su almacenamiento, este debe ser en lugares que estén secos, al aire libre y sin presencia de animales rastreros, evitando cualquier fuente de calor. Cuando exista algún desprendimiento del refrigerante por la tubería (fuga),

el R-22 tenderá a caer al suelo porque este fluido es más pesado que el aire, quedándose a este nivel para que el usuario pueda desecharlo a la brevedad.

- Presiones y temperatura de trabajo del R22: Mostramos en la siguiente tabla la gráfica de presiones y temperatura en la cual trabaja el refrigerante en mención.

Figura 2 Curva de presión contra temperatura del R22



Fuente: Plusfroid, (2015)

Tabla 2 Valores termodinámicos del refrigerante R22

TEMP. (°C)	PRESION ABSOLUTA (bar)		DENSIDAD (dm ³ /kg)		ENTALPIA (kJ/kg)		ENTROPIA (kJ/Kg.K)	
	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO
-25	2.012	2.012	0.732	113.026	171.87	396.61	.8930	1.7987
-20	2.448	2.448	0.740	94.020	177.38	398.97	0.9148	1.7902
-15	2.953	2.953	0.749	78.775	182.94	401.28	0.9364	1.7822
-10	3.535	3.535	0.758	66.437	188.56	403.53	0.9578	1.7747
-5	4.201	4.201	0.767	56.376	194.24	405.71	.9790	1.7676
0	4.958	4.958	0.777	48.085	200.00	407.82	1.0000	1.7608
5	5.815	5.815	0.788	41.223	205.84	409.84	1.0209	1.7543
10	6.779	6.779	0.799	35.498	211.78	411.77	1.0418	1.7481
15	7.859	7.859	0.811	30.691	217.82	413.60	1.0626	1.7420
20	9.063	9.063	0.824	26.628	223.99	415.31	1.0834	1.7361
25	10.401	10.401	0.838	23.176	230.29	416.89	1.1043	1.7302
30	11.882	11.882	0.852	20.225	236.74	418.32	1.1253	1.7243
35	13.514	13.514	0.868	17.690	243.37	419.58	1.1464	1.7183

Fuente: Plusfroid, (2015)

3.1.1.2. Refrigerante Elitenglicol utilizado en el Supermercado Tottus del Mall Cayma en Arequipa

Según lo compuesto por Bernad, nos cuenta lo investigado del refrigerante glicol para exponérselo.

- **Definición:** Cuando los científicos se dieron cuenta del daño ecológico que le hacía a los refrigerantes que se utilizaban antiguamente al medio ambiente, deciden crear un nuevo refrigerante ecológico. Este fluido como refrigerante se utiliza con el agua para plantas frías y también como el segundo fluido que estará en el sistema frigorífico con el fin de que la capacidad de refrigeración sea la más eficiente posible. Tomando en cuenta el ahorro energético que esta nos trae, también es importante apreciar que la reducción del impacto ambiental utilizando este refrigerante es muy reducida, considerándolo prácticamente nulo.
- **Tipo de Glicol a utilizar:** Hay varios productos en el mercado, similares al glicol o incluso tipos de este, pero el más comercial de todo es el mono propilenglicol USP, con su pseudónimo de glicol para la industria de alimentos. Este refrigerante físicamente es transparente y denso, en sus propiedades presenta que el impacto ambiental que genera el glicol es prácticamente nulo con fugas en el sistema casi nulo, su uso mayoritario está enfocado en la industria alimentaria. (Bernad, 2019)

Figura 3 Galonera de mono propilenglicol



Fuente: Bernad, (2019)

- **Cámara Frigorífica utilizando Glicol:** En la actualidad, usar el glicol en un sistema de refrigeración que no sea el principal, se ha convertido en la principal opción de

los especialistas del frío. La sensación de frío en este sistema se da cuando el evaporador expulsa el aire a baja temperatura dado de la mezcla del agua y el glicol para el trabajo de refrigeración. A continuación, la circulación del refrigerante se da por el movimiento del fluido mediante una bomba centrífuga hasta los intercambiadores de calor del sistema frigorífico. Con este proceso, tendremos ahorro energético y un buen cuidado medioambiental. (Bernad, 2019)

- Beneficios de uso de Glicol en los sistemas de refrigeración: Una de las grandes bondades de utilizar el glicol como refrigerante, es que podemos usar cantidades reducidas de este y tendremos fluctuaciones muy pequeñas en el cambio de temperatura y con ello un impacto medioambiental reducido. Otras grandes bondades son que el sistema de refrigeración presentará casi nulidad en el tema de fugas, el mantenimiento preventivo periódico y anual con gastos menores, presentación de gran potencia de los compresores en ambientes pequeños, facilidad de instalación del equipo de refrigeración. (Bernad, 2019)

Lo puntualizado por el Guasch, nos informan de las características y propiedades del glicol que existen en la actualidad.

- Características del Refrigerante Glicol: Es necesario recalcar que el agua destilada es el refrigerante ideal que se debería usar en los sistemas de refrigeración, esto no sucede debido a que el agua genera sarro y corrosión en este tipo de sistemas, el glicol al estar mezclado con una cierta cantidad el agua, tiene que trabajar por encima de su temperatura de congelación. La mezcla de estas sustancias también evita que exista la presencia de corrosión en los accesorios del sistema de refrigeración, variará la cantidad de agua utilizada para mejorar las propiedades termodinámicas y disminuir estas anomalías. Los evaporadores expulsan calor con sensación de frío a distintas temperaturas, esto variará cuanto mayor agua destilada se mezcle con el refrigerante, generando mayor eficiencia en el sistema de refrigeración. En la práctica, la cantidad de agua utilizada en el uso del glicol como refrigerante, varía de un cincuenta al setenta por ciento del uso del refrigerante glicol y la diferencia se usa agua destilada.
- También hay alternativas que se utilizan en sistemas similares de refrigeración, con variantes en la aplicación de estos para el almacenaje de los alimentos, aunque una gran desventaja es que, al ser un fluido muy específico, requiere que solo se trabaje

en este sistema, mas no podemos utilizar este fluido en otros sistemas de refrigeración.

- En algunos establecimientos industriales, los dueños y/u operarios utilizan agua destilada y no refrigerantes por el valor económico que el adquirir agua tiene, sin hacerle seguimiento al trabajo del su sistema de refrigeración pudiendo ocasionar a futuro daños con fallas muy peligrosas.
- Propiedades físicas del Glicol: Etilenglicol o glicol: Este fluido no tiene color, tampoco olor con sabor agradable, puede absorber la humedad del medio circundante y puede trabajar junto con fluidos que descongelan materiales como la acetona, el agua, alcoholes similares, entre otros. La capacidad de disolverse este refrigerante con un líquido, llega a ser muy pequeña. (Guasch, 2017, pág. 1)

Tabla 3 Propiedades físicas del refrigerante Etilenglicol

Propiedades físicas del Glicol	
Punto de ebullición a 101.3 kPa	197,60 °C
Punto de fusión	-13,00 °C
Densidad a 20°C	1,1135 gr/cm ³
Calor de vaporización a 101.3 kPa	52,24 kJ/mol
Calor de combustión	19,07 MJ/kg
Temperatura crítica	372 °C
Volumen crítico	6515,73 kPa
Presión crítica	0,186 L/mol
Punto de inflamabilidad	111 °C
Temperatura de ignición	410 °C
Límite explosivo inferior	3,20 vol%
Límite explosivo superior	53 vol%
Viscosidad a 20°C	19,83 mPa.s
Coefficiente de dilatación cúbica a 20°C	0,62 x 10 ⁻³ K ⁻¹

Fuente: Morales, (2020)

- El agua y su miscibilidad con el Glicol: La reducción del punto de congelación del glicol al mezclarse con el agua, es una propiedad muy importante que tiene este refrigerante, su utilización como anticongelante llega a tener una gran importancia en la industria de la refrigeración.

Tabla 4 Presión de vapor en kPa con respecto al porcentaje de mezcla de agua y glicol

Contenido de agua, % en peso	Presión de vapor, en kPa		
	a 65,1 °C	a 77,7 °C	a 90,3 °C
0	0,30	0,52	1,20
10	6,61	11,65	19,73
20	11,30	19,68	33,01
30	14,70	25,45	42,49
40	17,10	29,68	49,37
50	18,81	32,92	54,60
60	20,16	35,58	58,87
70	21,45	37,92	62,60
80	22,98	40,05	65,98
90	25,08	41,91	68,93
100	28,04	43,34	71,10

Fuente: Morales, (2020)

Como detalla Ancap, añade un nuevo concepto referente a toxicidad del refrigerante Glicol que es el siguiente.

- El refrigerante y su toxicidad: Este presenta una toxicidad leve que se puede producir el cae a los ojos o si respiras su olor. Si lo ingieres, puede afectar gravemente al sistema excretor y los nervios del cuerpo humano. Como puede existir efectos leves, también hay problemáticos que causarían daños al sistema excretor y los nervios si nos exponemos mucho tiempo. (Ancap, 2015)

3.1.1.3. Refrigerante R507 utilizado en el Supermercado Metro de Arequipa Center en Arequipa




No obstante, se conceptualiza mucha información con relación al refrigerante R507 como son:

- Definición: Este refrigerante es el resultado de la mezcla de dos refrigerantes miscibles con impacto ambiental prácticamente nulo, este sistema de refrigeración trabaja con compresores de media y baja presión de trabajo. Este refrigerante es el

reemplazo de refrigerantes como el R-502, R-408, entre otros porque su sistema es compatible con el trabajo de este refrigerante. Este refrigerante es la alternativa de cambio cuando anteriormente también se trabajaba con el R-22 por periodo de vida prolongado y puede trabajar a temperaturas medianas y bajas en los sistemas de frío. El R-502 tiene características físicas muy similares con respecto a este fluido, aunque la temperatura de evacuación de este refrigerante difiere mucho con sus alternativos porque la temperatura en este punto llega a ser inferior. En sistemas de refrigeración que utilizan este fluido, presentan una capacidad de refrigeración superior referente a sus alternativos, pero con una eficiencia energética menor. Este refrigerante es la mezcla de los fluidos R143a y R125. (Globalecuador, 2018)

- Información acerca de los componentes que dan al R507:

Tabla 5 Fluidos que comprenden el refrigerante R507

Componentes	Conc. (% w/w)	Símbolo(s) del peligro y declaración del peligro
		Reglamento CE N°1272/2008
Trifluoroetano (HFC R143a)	50,0	 2.2/1 Flam. Gas 1 H220  2.5 Press. Gas H280
Pentafluoroetano (HFC R125)	50,0	 2.5 Press. Gas H280

Fuente: Gas-Servei, (2020)

- Características del Refrigerante: Este fluido es una mezcla de dos refrigerantes, la eficiencia energética y su capacidad frigorífica son similares al R502 como también al R22, no daña a la capa de ozono teniendo un ODP (reducción potencial del ozono) = 0, es compatible solamente con aceites sintéticos, cuando exista alguna fuga en el sistema de refrigeración, esta puede rellenarse.
- Propiedades físicas del refrigerante R507: A continuación, detallamos una tabla con las propiedades que contiene este fluido refrigerante.

Tabla 6 Propiedades físicas del refrigerante R507

Propiedades	Unidades	R-507
Componentes	-	R-125, R-143a
Composición	% masa	50/50
Masa molecular	g/mol	98,8
Temperatura de ebullición (burbuja) a 1,013 bar	°C	-47,1
Deslizamiento de temperatura a 1,013 bar	°K	0,0
Densidad de líquido a 25 °C	kg/dm ³	1,04
Densidad del vapor saturado a 1,013 bar	kg/dm ³	5,51
Temperatura crítica	°C	71
Presión crítica	bar	37,2
Calor latente de vaporización a 1,013 bar	kJ/kg	196
Calor específico en estado líquido a 25°C	kJ/kg.K	1,64
Calor específico en estado gaseoso a 25°C	kJ/kg.K	0,87
Inflamabilidad en el aire	-	Ninguna
ODP	-	0
Clasificación seguridad Ashrae	-	A1/A1
GWP	-	3985

Fuente: Alcobre S.A. (2011)

Se presenta la siguiente información referente a la toxicidad del refrigerante.

- El refrigerante y su toxicidad: Si las personas están expuestas por mucho tiempo a este refrigerante, pueden presentar problemas al corazón con posibilidad de perder la vida. También el gran porcentaje de este fluido en una habitación, puede llegar a generar asfixia, desmayos, quemaduras por frío en la piel, en los ojos. (Gas-Servei, 2020, pág. 2)

Tabla 7 Termodinámica del Refrigerante R507

T (°C)	Presión (bar)	Densidad (kg/m ³)	Entalpía (kJ/kg)	Entropía (kJ/kg.K)	Presión de Rocío (bar)	Densidad (kg/m ³)	Entalpía (kJ/kg)	Entropía (kJ/kg.K)	Calor de vaporización (kJ/kg)
-45	1,081	1324	139,26	0,7586	1,038	5,98	337,10	1,6257	197,84
-40	1,358	1306	146,14	0,7883	1,309	7,45	340,04	1,6200	193,90
-35	1,688	1288	152,97	0,8172	1,632	9,18	342,95	1,6149	189,98
-30	2,077	1271	159,75	0,8452	2,015	11,22	345,82	1,6105	186,07
-25	2,532	1253	166,48	0,8725	2,463	13,59	348,64	1,6066	182,16
-20	3,061	1235	173,19	0,8991	2,986	16,33	351,42	1,6031	178,23
-15	3,671	1217	179,88	0,9251	3,590	19,49	354,14	1,6001	174,26
-10	4,371	1199	186,57	0,9505	4,283	23,13	356,80	1,5974	170,23
-5	5,167	1180	193,27	0,9755	5,074	27,29	359,39	1,5950	166,12
0	6,070	1161	200,00	1,0000	5,970	32,05	361,89	1,5927	161,89
5	7,088	1142	206,78	1,0243	6,982	37,48	364,89	1,5906	157,52
10	8,229	1122	213,65	1,0484	8,118	43,69	366,61	1,5886	152,96
15	9,504	1101	220,62	1,0724	9,387	50,78	368,78	1,5866	148,16
20	10,922	1080	227,73	1,0964	10,800	58,91	370,81	1,5845	143,08
25	12,493	1057	235,02	1,1206	12,366	68,25	372,65	1,5822	137,63
30	14,229	1034	242,53	1,1450	14,096	79,03	374,28	1,5796	131,75
35	16,140	1008	250,31	1,1698	16,000	91,57	375,64	1,5765	125,33

Fuente: Extinfrisa. (2015).

3.1.2. Términos y Condiciones del Sistema de Refrigeración en Supermercados

3.1.2.1. Sistema Transcrítico

Se presentan los sistemas transcríticos y subcríticos para la información del lector, como se muestra a continuación.

En un sistema transcrítico, si queremos volver a estado líquido el dióxido de carbono, lo que hay que hacer es trabajar en un circuito en cascada hasta que llegue a su punto crítico.

El punto crítico del dióxido de carbono se encuentra a la presión de 7.382 bar abs con una temperatura del sistema de 31°C como refrigerante secundario y como refrigerante primario, podemos tener varias posibilidades como el utilizar el R-134a, R-290, R-717 como, por ejemplo.

Esto debe darse para que el fluido que circula por el evaporador, llegue a condensador enfriándolo en un sistema de cascada. (Sanguinetti, 2015)

3.1.2.2. Sistema Subcrítico

El sistema trabaja en un ciclo transcrítico, cuando el sistema de refrigeración, enfría la planta frigorífica utilizando un intercambiador de calor, previo a la condensación y estando por encima del punto crítico.

El dióxido de carbono presenta presiones y temperaturas muy diferentes a comparación de los refrigerantes convencionales.

Para este tipo de procesos, en comparación de las instalaciones convencionales que presentan la misma temperatura a lo largo del tiempo en el condensador, presentará una temperatura fluctuante mientras cambian energía con el fin de quitarle calor al dióxido de carbono.

Las presiones de trabajo con las que trabaja el intercambiador de calor, oscilan entre los 90 y 100 bar, normalmente el intercambiador llega a ser enfriado por convección natural o forzada, utilizando aire o agua respectivamente.

El rango de presiones de trabajo son los que anteriormente indicamos para obtener el mejor COP de operación del sistema. La temperatura ideal de la salida del intercambiador de calor para trabajar en un sistema de refrigeración utilizando dióxido de carbono como refrigerante, debe de ser de 35°C.

Si la temperatura de trabajo no es la que señalamos, el COP de trabajo disminuirá y con ello el rendimiento del sistema de refrigeración.

Por ejemplo, si la presión aumenta, también incrementará la temperatura de trabajo y lo mismo sucederá si disminuye. (Sanguinetti, 2015)

3.1.2.3. Funcionamiento del Sistema de Refrigeración utilizando CO₂.

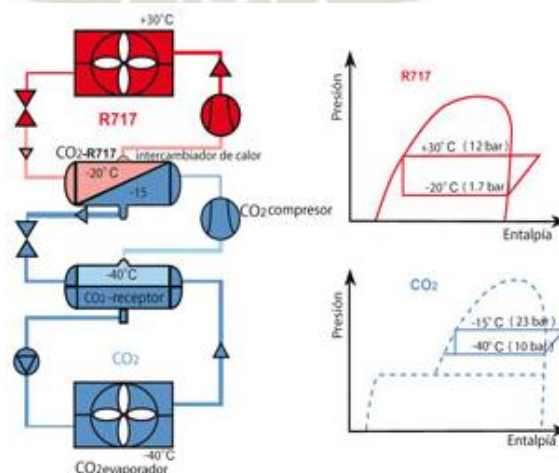
Con respecto al funcionamiento del sistema de refrigeración utilizando dióxido de carbono con amoníaco como se muestra a continuación.

La siguiente imagen muestra un sistema de refrigeración en cascada que utiliza amoníaco como refrigerante principal en lugar de alta presión y también la cámara del evaporador donde circula el dióxido de carbono a una temperatura de 40°C.

El dióxido de carbono en el sistema de refrigeración, es elevado mediante una bomba de refrigeración desde el tanque que recibe el refrigerante en líquido hasta el intercambiador de calor en donde es evaporador una parte de este fluido para que luego regrese al acumulador del refrigerante en estado líquido.

Cuando el dióxido de carbono se evapora, llega a comprimirse mediante el compresor de dióxido de carbono en donde llega a condensarse mediante un intercambiador de calor en donde circula el dióxido de carbono y el amoníaco. Este enfriador, se convierte en un evaporador para el sistema de refrigeración donde está trabajando el amoníaco. (Mundohacvr, 2010).

Figura 4 Sistema en Cascada utilizando Dióxido de Carbono y R717



Fuente: Mundohacvr, (2010)

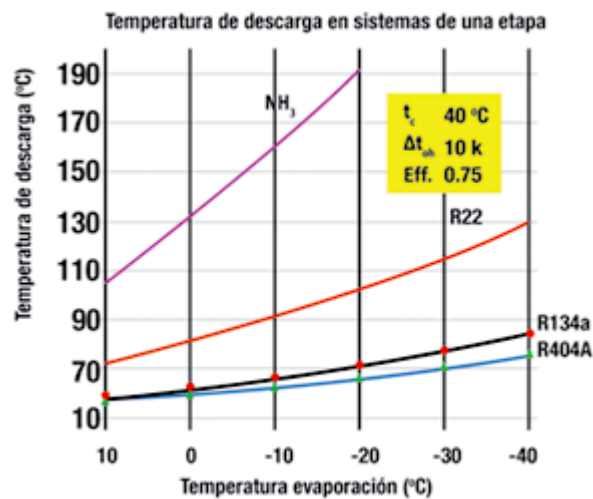
3.1.2.4. Beneficios del uso de un Sistema de Refrigeración utilizando CO₂

Los beneficios del sistema de refrigeración en cascada como detallamos a continuación:

Cuando se implementa el uso de los sistemas de refrigeración en cascada, la ventaja es que el rendimiento del volumen dentro del compresor se eleva por cada ciclo y cantidad de compresores en paralelo que existen en el sistema, teniendo por finalidad que la eficiencia global del sistema se incremente, obteniendo a su vez un menor avance del pistón que se encuentra en el compresor, traduciéndose en menor gasto energético.

Cuando se trabaja en sistema en cascada, la temperatura de descarga disminuye considerablemente, mejorando la vida del lubricante como también de los equipos en cuestión. (Mundohacvr, 2010)

Figura 5 Comparativo de la Temperatura de Descarga por Refrigerante Secundario



Fuente: Mundohacvr, (2010)

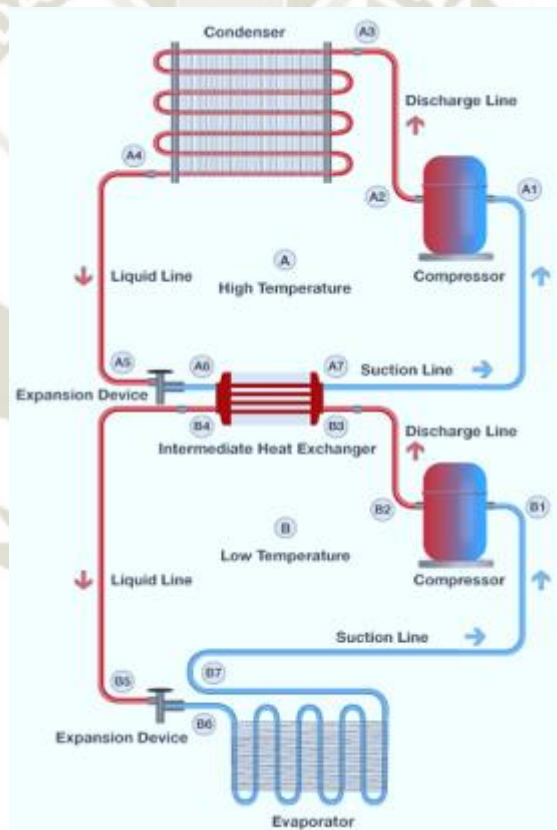
3.1.2.5. Componentes del sistema de Refrigeración utilizando CO₂

- **Compresor de Alta Temperatura:** Los compresores de alta temperatura en un ciclo en cascada, trabajan con un refrigerante ajeno al que opera el sistema secundario (R-135a, R-717, R-507, etcétera), este equipo tiene un ciclo ordinario de refrigeración, lo único que cambia es que su evaporador trabaja como un condensador del ciclo secundario, expulsando el calor generado por este sistema al medio a refrigerar mediante un intercambiador de calor.

- Compressor de Baja Temperatura: Estos equipos industriales normalmente trabajan en el área donde circula un refrigerante a altas presiones en sistemas subcríticos en cascada. Los compresores de baja temperatura no deben trabajar su mínima temperatura por debajo de -60°C , porque haría que el material del compresor que es hierro fundido se cristalice, también perjudicaría mucho al aceite poliéster con el que trabaja el sistema. Estos equipos pueden llegar a trabajar con presiones superiores a los 1000 psig.

Estos sistemas a comparación de los convencionales, presentan una eficiencia energética del 3 al 5% superior a los sistemas de refrigeración de una etapa, sumado a ello que son gentilmente amigables con el medio ambiente. (Mundohacvr, 2010)

Figura 6 Sistema en Cascada utilizando Compresores de Baja y Alta Temperatura



Fuente: Mundohacvr, (2010)

La definición del evaporador es la que a continuación se presenta.

- Evaporador: Este equipo funciona para enfriar el refrigerante que circula por el sistema de refrigeración, trabajando como un intercambiador de calor.

En el proceso de transferencia de calor, se da siempre utilizando dos fluidos, en este caso el refrigerante y el aire o agua, es en este instante en donde el fluido más caliente transfiere energía al fluido que tiene menos temperatura que será el dióxido de carbono. Normalmente el refrigerante se transforma en estado gaseoso cuando recibe la energía del otro fluido y es por esta razón que estos equipos se llaman evaporadores. (Luis, 2020)

Figura 7 Evaporador para un sistema de refrigeración industrial



Fuente: Luis, (2020)

Se presenta la definición de condensador.

- Condensador: Este equipo está conformada por una tubería o serpentín de cobre ondeado que tienen varios pasos en su haber, el refrigerante que sale del agente compresor en estado gaseoso lo enfría hasta convertirse líquido. Cuando el refrigerante se comprime y a la vez reduce su volumen, expulsa energía al sistema. De esta manera, cuando el fluido regresaba del condensador a menor temperatura y a su vez en estado líquido y perdiendo energía, previamente fue comprimido por el compresor llegando a estar en forma gaseosa. Este equipo llegará a perder el calor que el compresor generó cuando comprimió el refrigerante y también el calor que el evaporador absorbió, disipado a través de las tuvieras de cobre al medio exterior. (Luis, 2020)

Figura 8 Condensador industrial para aplicaciones en sistemas de Refrigeración

Fuente: Louis, (2020)

Se muestra el concepto de tubería galvanizada actualizada para el concepto del público y es la siguiente.

- Tubería galvanizada: Esta es una tubería de acero que ha sido llevado a un proceso de galvanizado de manera interior como exterior, esta tubería puede presentar soldadura a lo largo de su longitud o también puede haber sufrido esfuerzos de estiramiento. Este proceso de bañado en galvanizado se realiza después de que el tubo de acero haya sido creado.
- Los diámetros de tubería que se comercializa normalmente en acero galvanizado van desde 1/2'' hasta 6'' con cédulas comerciales de 40 y 80, que se utilizan para transportar fluidos como agua, refrigerantes en forma de gas o líquido, aceites, entre otros.

Para este proyecto consideraremos tubería de 2'' y cédula 80. (Louis, 2020)

Figura 9 Tubería galvanizada para aplicaciones industriales

Fuente: Louis, (2020)

Tabla 8 Dimensiones y Características de la Tubería para Conducción de Agua, Gas y Aire ASTM A-53

Diámetro	Cédula	Diámetro Exterior Nominal		Espesor Nominal		Presión Hidrostática		Peso			Empaque		
		pulg	mm	pulg	mm	lb/in2	kg/cm2	lb/pie	kg/m	kg x 6,40 m		lb x 21 pie	kg x atado
1/2	40	0,840	21,34	0,109	2,77	700	49	0,85	1,27	8,11	17,887	1030,36	127
	80	0,840	21,34	0,147	3,73	850	60	1,09	1,62	10,37	22,869	1317,33	127
3/4	40	1,050	26,67	0,113	2,87	700	49	1,13	1,68	10,78	23,769	1369,19	127
	80	1,050	26,67	0,154	3,91	850	60	1,48	2,20	14,05	30,976	1784,32	127
1	40	1,315	33,40	0,133	3,38	700	49	1,68	2,50	16,01	35,291	1456,64	91
	80	1,315	33,40	0,179	4,55	850	60	2,17	3,24	20,70	45,649	1884,14	91
1 1/4	40	1,660	42,16	0,140	3,56	1200	84	2,27	3,39	21,67	47,771	1971,76	91
	80	1,660	42,16	0,191	4,85	1800	126	3,00	4,46	28,57	62,987	1742,71	61
1 1/2	40	1,900	48,26	0,145	3,68	1200	84	2,72	4,05	25,91	57,127	2357,91	91
	80	1,900	48,26	0,200	5,08	1800	126	3,63	5,41	34,62	76,327	2111,78	61
2	40	2,375	60,33	0,154	3,91	2300	162	3,66	5,44	34,83	76,783	2124,42	61
	80	2,375	60,33	0,218	5,54	2500	176	5,03	7,48	47,88	105,561	1771,53	37
2 1/2	40	2,875	73,03	0,203	5,16	1950	137	5,80	8,63	55,23	121,767	2043,50	37
	NX	2,875	73,03	0,156	3,96	2500	176	4,53	6,75	43,19	95,221	1598,00	37
3	40	3,500	88,90	0,216	5,49	2200	155	7,58	11,29	72,23	159,241	1372,31	19
	NX	3,500	88,90	0,170	4,32	1930	136	6,05	9,01	57,64	127,084	1095,18	19
4	40	4,500	114,30	0,237	6,02	1900	134	10,80	16,07	102,87	226,809	1954,60	19
	NX	4,500	114,30	0,188	4,78	1500	105	8,67	12,90	82,54	181,984	1568,31	19

Fuente: Trevisa (2012).

Tabla 9 Tabla Termodinámica del Refrigerante R-744

Tabla Termodinámica R-744							
Temperatura (°C)	Líquido Presión (bar abs)	Líquido Densidad (Kg/M³)	Líquido Entalpía (KJ/Kg)	Líquido Entropía (KJ/Kg.K)	Vapor Densidad (Kg/M³)	Vapor Entalpía (KJ/Kg)	Vapor Entropía (KJ/Kg.K)
-50	6,8234	1154,6	92,943	0,57939	17,925	432,68	2,1018
-45	8,3184	1135,8	102,87	0,62282	21,717	434,13	2,0747
-40	10,045	1116,4	112,90	0,66564	26,121	435,32	2,0485
-35	12,024	1096,4	123,05	0,70794	31,216	436,23	2,0230
-30	14,278	1075,7	133,34	0,74982	37,098	436,82	1,9980
-25	16,827	1054,2	143,79	0,79141	43,880	437,06	1,9732
-20	19,696	1031,7	154,45	0,83283	51,700	436,89	1,9485
-15	22,908	1008,0	165,34	0,87421	60,728	436,27	1,9237
-10	26,487	982,93	176,52	0,91571	71,185	435,14	1,8985
-5	30,459	956,21	188,05	0,95756	83,359	433,38	1,8725
0	34,851	927,43	200,00	1,0000	97,647	430,89	1,8453
5	39,695	896,03	212,50	1,0434	114,62	427,48	1,8163
10	45,022	861,12	225,73	1,0884	135,16	422,88	1,7847
15	50,871	821,21	239,99	1,1359	160,73	416,64	1,7489
20	57,291	773,39	255,87	1,1877	194,20	407,87	1,7062
25	64,342	710,50	274,78	1,2485	242,73	394,43	1,6498
30	72,137	593,31	304,55	1,3435	345,10	365,13	1,5433

Fuente: Kimikal. (2016). R-744 (CO₂)

Se muestra el concepto de válvula de expansión para conocimiento de sus lectores.

- Válvula de Expansión Termostática: Estos dispositivos de regulación de temperatura, se encargan de alimentar refrigerante a la misma temperatura, pero con una caída de presión al sistema llegando a los evaporadores.

Cuando el refrigerante es inyectado al sistema, esta será regulada por una válvula termostática que actúa acompañada de un resorte regulado que se encuentra en la parte superior este componente, la apertura o cierre de la misma será dada por la temperatura del refrigerante.

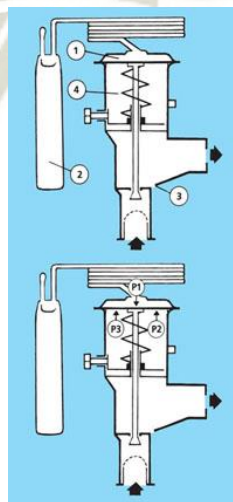
Los elementos que comprenden la válvula termostática son: el elemento termostático, que se encuentra dividido de todo el elemento global por una membrana especial, este elemento se encuentra trabajando y junto con bulbo quien concentra un fluido especial en su interior, junto a un tubo capilar que tiene en su interior el resorte mencionado anteriormente y un muelle.

P1: llega a ser la presión del bulbo que está empujando en dirección hacia abajo con el fin de apertura el pistón que se encuentra en la parte inferior de la válvula

P2: llega a ser la presión del evaporador, esta presión genera que la válvula tienda a realizar el cierre de la misma cuando deje de actuar.

P3: llega a ser la fuerza del resorte, es la única variante que puede ser regulada y controlada por un operador de la sala de máquinas, también apoya en el retorno para cerrar la válvula. (Mundohacvr, 2010)

Figura 10 Interior de la válvula de expansión termostática



Fuente: Mundohacvr, (2010)

3.1.3. Comparativa de Propiedades de los Refrigerantes.

A continuación, detallaremos las diferentes propiedades con sus respectivas ventajas y desventajas de los refrigerantes enunciados y del dióxido de carbono:

Tabla 10 Beneficios del refrigerante R-22

R-22	
Tipo de aceite usado	Mineral
Amigable con el medio ambiente	No
Comercialmente vendible	No
Refrigerante recargable	Si
Uso otro fluido para su operación	No
Autosellado de fugas	No

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11 Beneficios del refrigerante Glicol

Glicol	
Tipo de aceite usado	N/A
Amigable con el medio ambiente	Si
Comercialmente vendible	Si
Refrigerante recargable	Si
Uso otro fluido para su operación	Si
Autosellado de fugas	No

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12 Beneficios del refrigerante R-507

R-507	
Tipo de aceite usado	Poliéster
Amigable con el medio ambiente	Si
Comercialmente vendible	Si
Refrigerante recargable	No
Uso otro fluido para su operación	No
Autosellado de fugas	No

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13 Beneficios del refrigerante R-744

R-744	
Tipo de aceite usado	Poliéster
Amigable con el medio ambiente	Si
Comercialmente vendible	Si
Refrigerante recargable	Si
Uso otro fluido para su operación	Si
Autosellado de fugas	Si

Fuente: Elaboración Propia

3.1.4. Comparativa Experimental de las Temperaturas que trabaja los Alimentos en los diferentes Supermercados

Tabla 14 Rangos de Temperatura por Alimento Refrigerando en Plaza Vea

Plaza Vea	
Alimento	Rango Temp °C
Carnes	0/2
Fiambres	0/4
Helados	-9/-18
Frutas/Verduras	6/8
Tortas	4/6
Lácteos	2/6

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15 Rangos de Temperatura por Alimento Refrigerando en Tottus

Tottus	
Alimento	Rango Temp °C
Carnes	0/2
Fiambres	0/6
Helados	Sistema aparte
Frutas/Verduras	5/10
Tortas	4/6

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16 Rangos de Temperatura por Alimento Refrigerando en Metro

Metro	
Alimento	Rango Temp °C
Carnes	0/2
Fiambres	0/-1
Helados	-2/-1
Frutas/Verduras	4/7
Tortas	4/6
Lácteos	4/6

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17 Datos Promedios de Temperaturas a Refrigerar respecto al Alimento

Datos Promedio de Supermercados	
Alimento	Rango Temp °C
Carnes	0/2
Fiambres	0/4
Helados	0/2
Frutas/Verduras	5/8
Pasteles	4/6
Lácteos	2/6

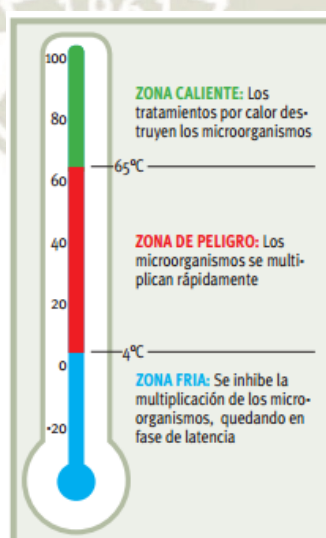
Fuente: Elaboración Propia

Es necesario acotar que todas las especerías requieren diferentes temperaturas de almacenaje y refrigeración con el fin de las bacterias no se reproduzcan de la manera que debería suceder. Es por eso que los todos alimentos que se venden, se deben almacenar entre las temperaturas de 4 y 7 °C para que las bacterias se reproduzcan lentamente y los seres vivos puedan consumirlo en un mayor rango de tiempo.

Cuando el sistema refrigerante se llega a encontrar por debajo de esta temperatura, puede llegar hasta frenar el crecimiento bacteriano de los alimentos, incrementando la vida de los alimentos.

En los supermercados, la temperatura mínima a utilizar para mantener los alimentos congelados es de -18°C, cuando llega a esta temperatura se puede prolongar por más tiempo la conservación de los productos en el área de congelados. (Anaya, 2016)

Figura 11 Zonas de Conservación de Alimentos Según se Requiera



Fuente: Anaya, (2016)

3.1.5. Espesores de las Cámaras de Refrigeración

3.1.5.1. Enlucido Exterior e Interior

De acuerdo a lo explicado por Castillo, R. (2013), nos da las medidas del enlucido exterior e interior.

Es la acción de volver a repasar las paredes tanto interior como exteriormente con una capa de mortero de aproximadamente 0.75 pulg de espesor.

3.1.5.2. Muro de Ladrillo

Se refiere a las dimensiones del ladrillo y nos la explica a continuación.

En este espacio utilizaremos ladrillos “King Kong” de 18 huecos con un espacio de 13 cm de ancho, pero incluido el enlucido llega a 15 cm. (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2015)

3.1.5.3. Barrera de Vapor

El espesor de la barrera de vapor que existe y se debe considerar al momento de construir.

Las barreras de vapor se utilizan en los hormigones para evitar que la humedad del suelo sobrepase la base y que tampoco exista contacto de aceite y grasa con respecto a la base del suelo.

El espesor comercial más utilizado es el de una barrera de vapor con galga de 1000 el cual contiene un espesor de 0,25 milímetros. (BASF, 2015)

3.1.5.4. Piso Concreto

Normalmente el espesor del piso concreto, debe ser de unas 3 pulgadas de espesor (7.5 cm), siempre se debe de revisar que el área donde se va a utilizar para el uso del vaciado del cemento esté libre de residuos de basura. (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2015)

3.1.5.5. Losa de Concreto

Las losas de concreto para uso hormigón, tienen diferentes longitudes con respecto a las aplicaciones a utilizar. En nuestro caso la longitud de losa de concreto para aplicación de un sistema de refrigeración se secciona con respecto al área a trabajar y esta viene a ser de 12 a 15 pulgadas de longitud. (Paviconj, 2015)

Tabla 18 Medidas Generales

Componente	Medida (Pulg)	Medida (Cm)
Enlucido	0,750	1,910
Muro de Ladrillo	6,000	15,240
Barrera de Vapor	0,004	0,025
Piso Concreto	3,000	7,620
Losa de Concreto	15,000	38,100

Fuente: Elaboración Propia

3.1.6. Características del Supermercado

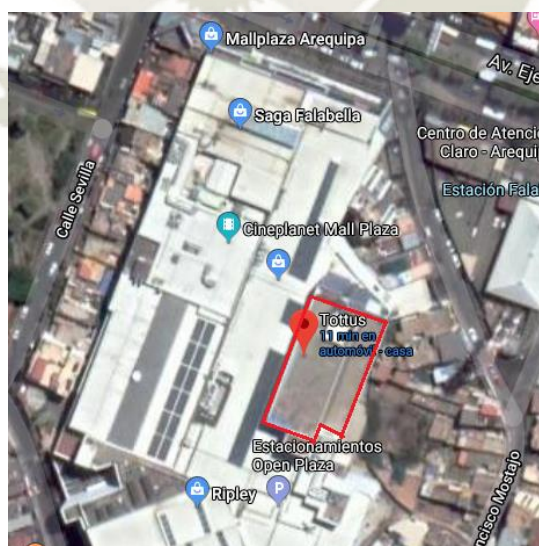
A continuación, nombraremos algunas características que poseen el Supermercado Tottus del Mall Plaza Arequipa de la misma ciudad:

3.1.6.1. Ubicación

El sistema de refrigeración utilizando el refrigerante R-744, tiene por finalidad utilizarlo en el supermercado Tottus, se encuentra dentro del Mall Plaza Arequipa ubicado en la Av. Ejército, que se encuentra en la ciudad de Arequipa ubicado en el departamento de Arequipa.

Existe una gran cantidad de rotación de productos para venta en este local comercial por lo que se pensó en trabajar el proyecto en este supermercado.

Figura 12 Ubicación del Mall Plaza Cayma visto desde Satélite



Fuente: Google Maps, (2021)

3.1.7. Condiciones

3.1.7.1. Personal Técnico Calificado y Capacitado

Con respecto a las condiciones técnicas que su Supermercado necesita para que el sistema de refrigeración que es el corazón del centro comercial opere sin problemas, se requiere tener un grado de estudios como mínimo técnico especialista en el área de refrigeración con electricidad con el fin de que, si existiera algún problema futuro, los técnicos especialistas puedan operar sin algún problema y salven la falla que existió. También debe de contar con experiencia laboral para salvar percances si lo existiesen en cualquier momento del funcionamiento del sistema de refrigeración.

Estos técnicos deben estar supervisados por un ingeniero de mantenimiento de planta, quien debe estar al tanto de los acontecimientos y eventos existentes para que pueda tomar las decisiones requeridas.

Figura 13 Técnico Especialista en Refrigeración y Electricidad



Fuente: Elaboración propia

3.1.7.2. Operativas

Los técnicos operacionales encargados de esta gestión, específicamente en refrigeración, deben estar al tanto de la temperatura de los alimentos que tiendan a degradarse, midiendo en un periodo de tiempo su temperatura para que se pueda tomar una medida correctiva por este suceso.

Existen formas de realizar estas medidas, la primera, si la regulación del refrigerante es manual, se regula la llave para que el refrigerante entre con mayor caudal y refrigere; la segunda, implica realizarla con una optimización eléctrica y graduada con un PLC.

Figura 14 Técnico Especialista en Refrigeración y Electricidad



Fuente: Elaboración propia

3.1.7.3. Proveedores con Disponibilidad Inmediata

En caso de existir alguna falla en los equipos que comprenden el sistema de refrigeración y la falla escape de las manos del personal técnico que comprende el supermercado, es necesario que este local comercial tenga un convenio con proveedores que auxilien la falla, de ser posible, el cualquier momento del día, ya que las máquinas trabajan en todo el periodo diario.

Figura 15 Técnico Especialista en Refrigeración y Electricidad



Fuente: Flores Rodríguez, (2020)

3.1.8. Aspectos Físicos Relevantes

3.1.8.1. Dimensionamiento de Supermercados

A continuación, acotaremos las condiciones para dimensionar y diseñar un supermercado:

Dimensiones a tener en cuenta cuando debemos considerar instalar un supermercado:

- Dimensionamiento de Supermercados por Aforo: El artículo 8 de la Norma A.070 detalla que en base a la cantidad de clientes que vayan a ingresar al establecimiento comercial, se debe considerar una cierta área por cada visitante que es la siguiente:

Tabla 19 Aforo por Persona por Metro cuadrado en Supermercados

CLASIFICACIÓN	AFORO
Supermercado	2.5 m ² por persona

Fuente: Ministerio de Vivienda, (2020)

- Altura Mínima de Supermercados: El artículo 9 indica que se debe de considerar que la altura mínima de suelo luego de haberse construido al cielo raso debe ser de 3.00 metros.
- Área Techada para Personas Discapacitadas: En el artículo 10 detallan que, para personas discapacitadas, el área mínima que debe contar un centro comercial techado debe ser de 1000 m², esta debe de discriminar el ingreso de mercadería como de visitantes.
- Dimensionamiento de Vanos: Los vanos para las puertas de acceso a los Supermercados, según el artículo 11 debe de presentar una altura mínima de 2.10 metros y de ancho las siguientes. (Ministerio de Vivienda, 2020)

Tabla 20 Anchos de Mínimo de Vanos por Tipo de Ambiente

Tipo de Ambiente	Ancho (m)
Ingreso Principal	1.00 m
Dependencias Interiores	0.90 m
Servicios Higiénicos	0.80 m
Servicios Higiénicos para Discapacitados	0.90 m

Fuente: Ministerio de Vivienda, (2020)

- Ancho Mínimo de los Pasajes: El artículo 13 nos comenta que los anchos mínimos de los pasajes son de 2.40 metros, y estos no deben presentar obstáculos en ellos, también se debe acotar que los pasillos principales deben tener un ancho mínimo de 3.00 metros.
- Estas dimensiones dependen y variarán de acuerdo a la capacidad de personas, el largo y ancho de los pasajes como también los puestos de venta que conectados estos pasajes de circulación.
- Pisos de los Supermercados: Según el artículo 14, los pisos deben de tener pendientes de 1.5% según normal hacia las canaletas de desagüe; estos pisos deben tener cierta fricción para evitar que el visitante se deslice, debe tener facilidad para la limpieza.
- Área Mínima de Supermercados: Según el artículo 15, el área mínima que debe tener un supermercado es de 6.00 m², no tomando en cuenta los servicios higiénicos ni el almacén, considerando que la mínima dimensión del frente del establecimiento debe de ser de 2.40 metros, la puerta de ingreso debe de constar de un ancho de 1.20 metros y una mínima altura de 3.00 metros.
- Áreas Mínimas de Productos a Venta: Las mínimas secciones por tipo de producto a venta son las siguientes. (Ministerio de Vivienda, 2020)

Tabla 21 Área Mínima por tipo de Producto en Supermercados

Productos a Venta	Área Mínima
Carnes, pescados y productos perecibles	6.00 m ²
Abarrotes, mercería y cocina	8.00 m ²
Otros productos	6.00 m ²

Fuente: Ministerio de Vivienda, (2020)

3.1.9. Cambios y Adecuaciones

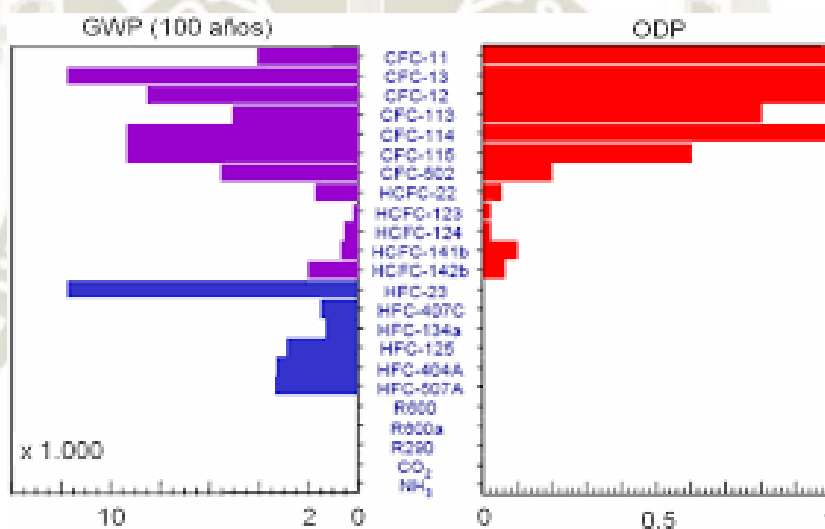
Lo que concierne a este punto específicamente, es que todos los componentes tendrán variación en su dimensionamiento, por ejemplo, los compresores serán un 30% más pequeños, los evaporadores y el condensador tendrán una reducción aproximadamente del 20% en su dimensionamiento, aunque a su vez serán aún más especiales por la necesidad de resistir altas presiones y ello se aprecia también en el costo de inversión.

El refrigerante R-744, en su presentación, no llegan en forma similar a balones de gas, más bien en cilindros verticales similares a los utilizados en soldadura. (Ministerio de Vivienda, 2020)

3.2. Gráfica del Potencial del Calentamiento Global y Potencial Agotamiento del Ozono por efectos del uso de refrigerantes industriales.

En la siguiente gráfica podemos evaluar que los refrigerantes más comerciales y utilizados en la industria han tenido muchos efectos negativos de impacto ambiental y comparando con el nulo impacto que presenta el dióxido de carbono, en una estadística de consumo en 100 años.

Figura 16 GWP y ODP generados por los refrigerantes



Fuente: Arnabat, (2018)

CAPITULO IV

4. INGENIERÍA DE PROYECTO

4.1. Proceso de Instalación

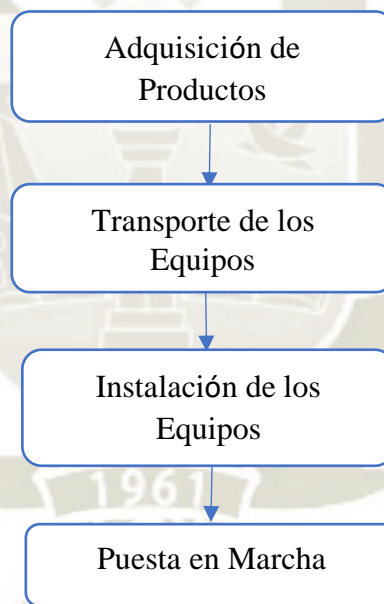
4.1.1. Diagrama de Bloques

En esta sección desarrollaremos los diferentes diagramas de bloques para informarnos de los procesos de instalación de los equipos según el área mecánico y de seguridad.

4.1.1.1. Diagrama de Bloques del Sistema Mecánico

A continuación, mostraremos el diagrama de bloques a utilizar en el proceso de instalación de los componentes para el área de refrigeración.

Figura 17 Diagrama de Bloques del Proceso de Instalación en el Sistema Mecánico

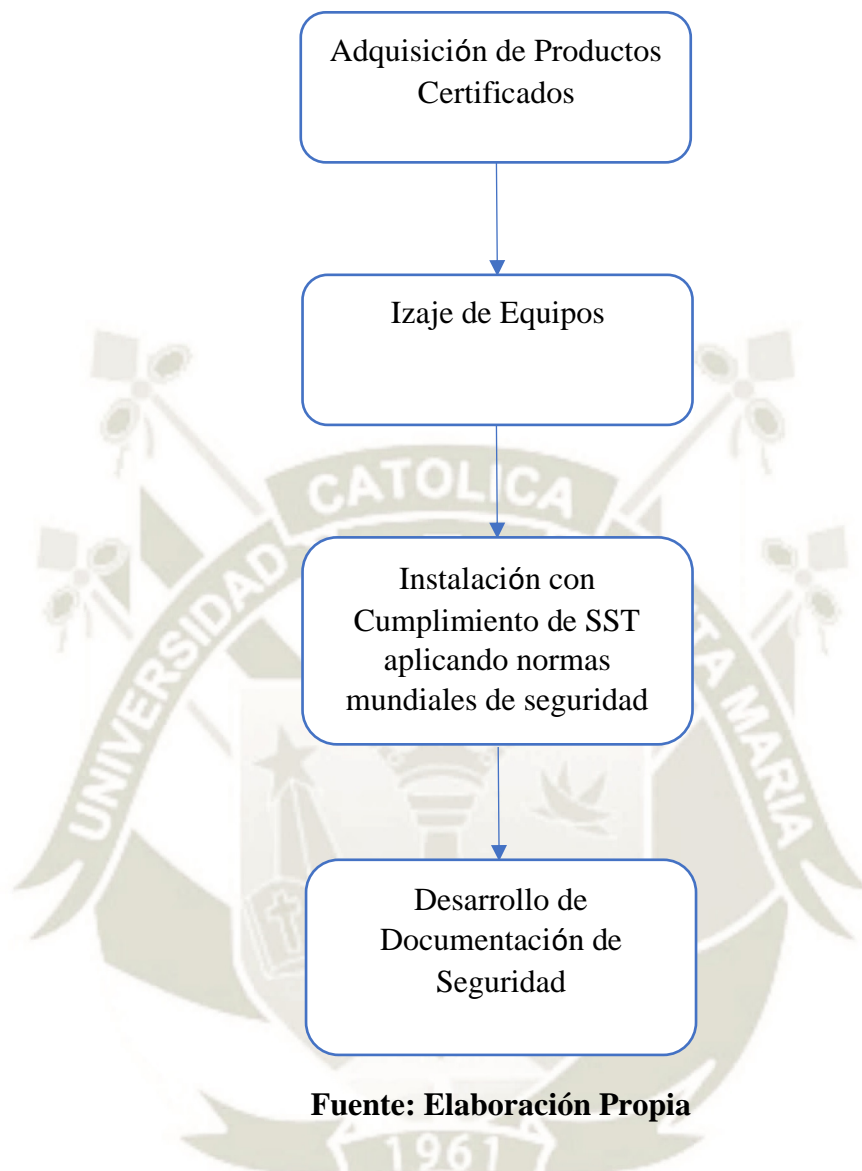


Fuente: Elaboración Propia

4.1.1.2. Diagrama de Bloques del Área de Seguridad

A continuación, mostraremos el diagrama de bloques a utilizar en el proceso de instalación de los componentes para el área de refrigeración aplicando parámetros de seguridad.

Figura 18 Diagrama de Bloques del Proceso de Instalación en el Sistema Mecánico



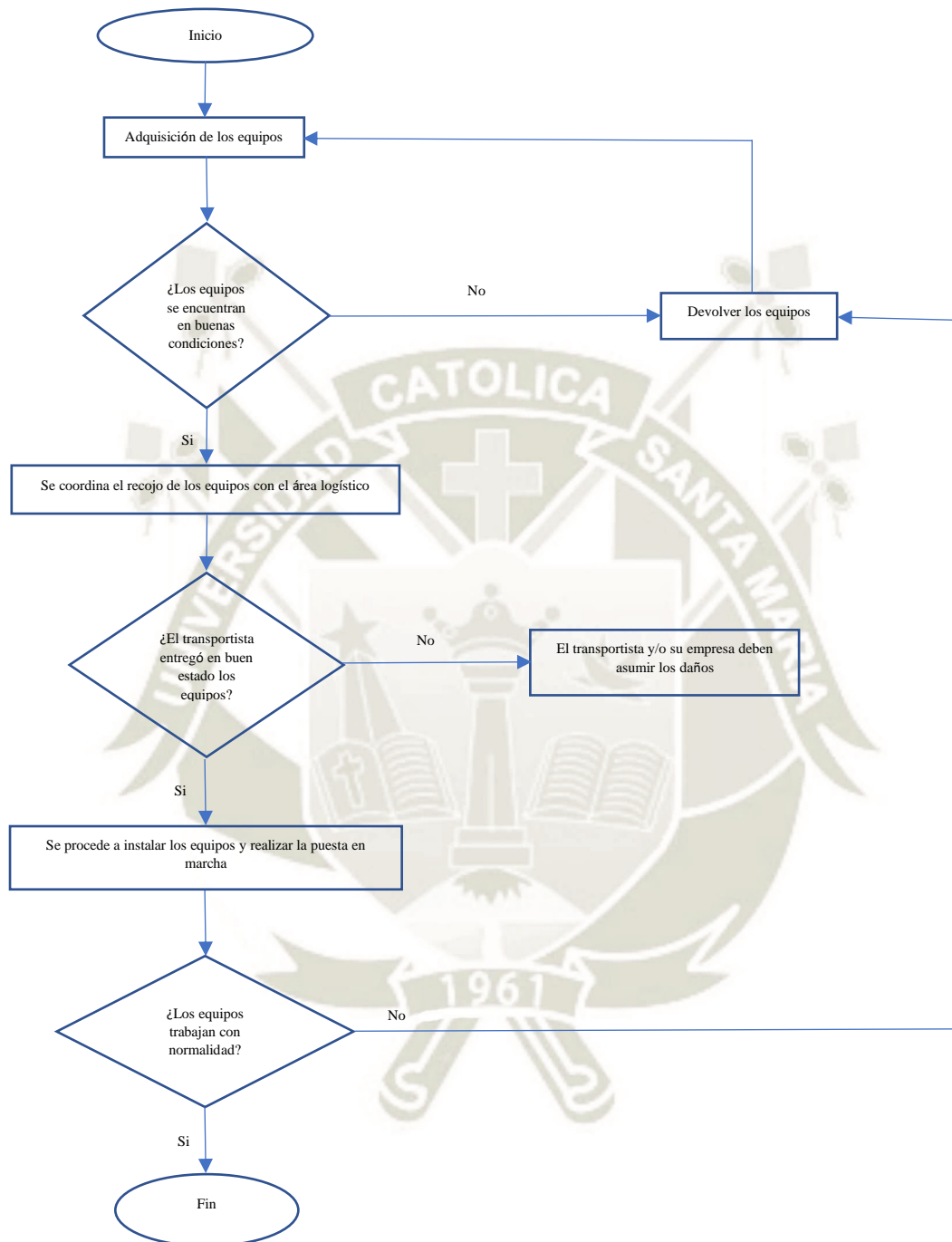
4.1.2. Diagrama de Flujo

En esta sección desarrollaremos los diferentes diagramas de flujo para informarnos de los procesos de instalación de los equipos según el área mecánico y de seguridad.

4.1.2.1. Diagrama de Flujo para la Instalación de Equipos Mecánicos

Desarrollaremos el Diagrama de Flujo para el proceso de instalación de los equipos mecánicos en el sistema de refrigeración.

Figura 19 Diagrama de Flujo del Proceso de Instalación en el Sistema Mecánico

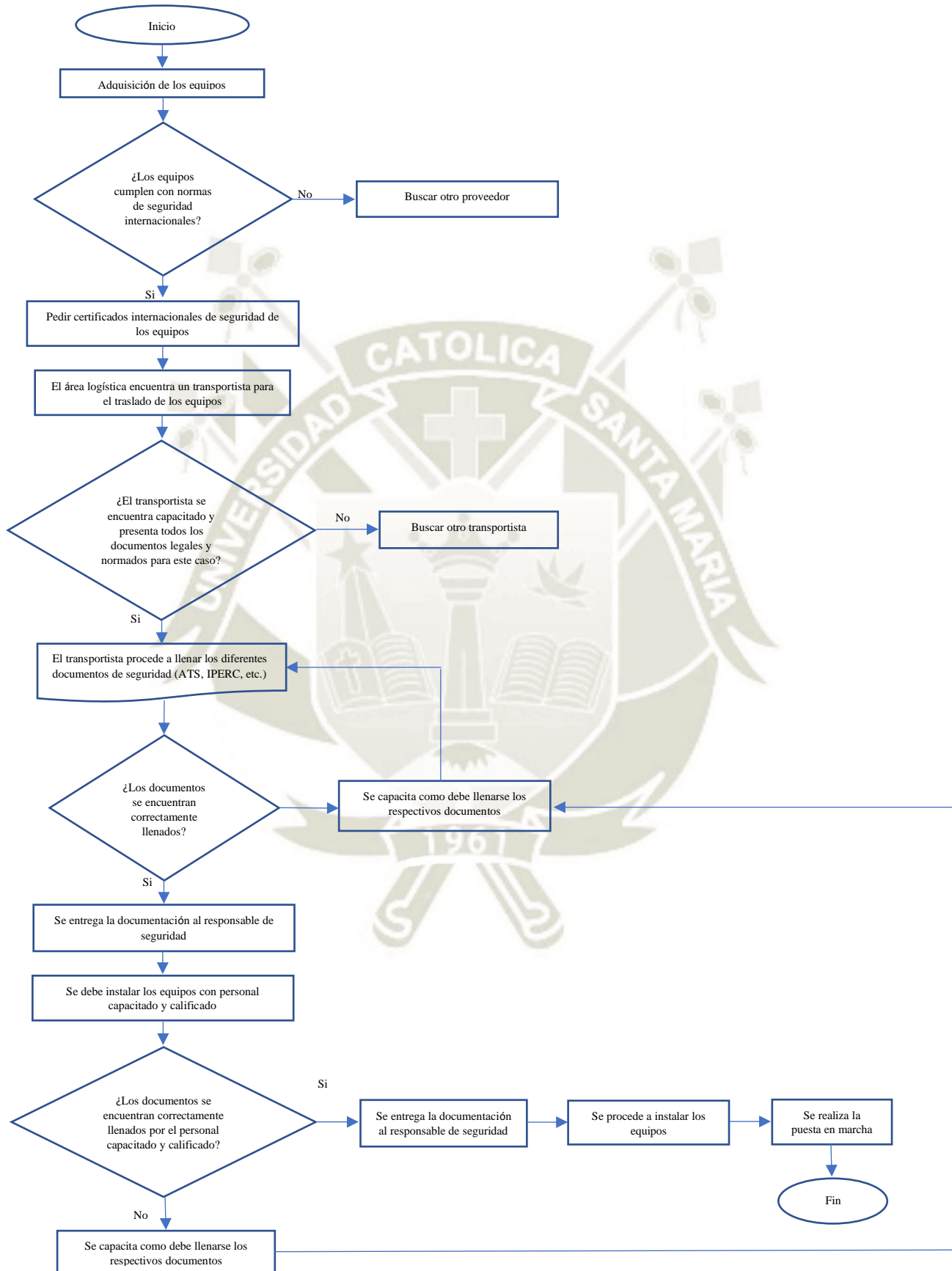


Fuente: Elaboración Propia

4.1.2.2. Diagrama de Flujo para la Instalación de los Equipos según el área de Seguridad

Realizaremos el Diagrama de Flujo para el proceso de instalación de los equipos mecánicos en el sistema de refrigeración.

Figura 20 Diagrama de Flujo del Proceso de Instalación en el Área de Seguridad



Fuente: Elaboración Propia

4.2. Cálculo del Diseño Teórico

4.2.1. Descripción del Proyecto

El Supermercado funciona a fin de preservar en un almacén constantemente el 60% en Tottus del Mall Plaza Cayma y la diferencia de productos estarán en los mostradores para venta al público, se presume la que rotación por ser un supermercado concurrido no tendrá un excedente de 2 semanas.

4.2.2. Cálculo de Cargas en el área de Lácteos

4.2.2.1. Acopio de Lácteos

Debido a que la mayoría de productos son yogurts y leche, consideramos ellos para efectos de nuestros cálculos a conservar.

Tabla 22 Beneficio de Producto por Tipo de Lácteo

Tipo de Lácteo	Promedio Anual (UND)	Promedio Mensual (UND)	Promedio Diario (UND)	Peso Promedio por Unidad (Kg.)
Yogurt	576000	48000	1600	1
Leche	1296000	108000	3600	0.4

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.2. Cantidad de Lácteos a Conservar

Asumimos que el total de conservar de productos lácteos, el 60% será conservado, tendremos la siguiente tabla:

Tabla 23 Cantidad de Productos Lácteos a Conservar

Tipo de Lácteo	Promedio Diario (UND)	Cantidad a Conservar Diario (UND)
Yogurt	1600	960
Leche	360	216
	1960	1176

Fuente: Elaboración Propia

Para un acopio diario de los productos lácteos, tenemos lo siguiente:

Tabla 24 Cantidad de Productos Lácteos a Conservar en la Cámara de Refrigeración

Tipo de Lácteo	Cantidad a Almacenar Diario (UND)	Cantidad a Almacenar Diario (Kg.)	Cantidad a Conservar Diario (UND)	Cantidad a Conservar Diario (Kg.)
Yogurt	640	640	960	960
Leche	144	58	216	86
	784	698	1176	1046

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.3. Dimensiones del Envase de Yogurt y de un Tarro de Leche

Los datos aproximados de los envases que contienen lácteos más comerciales a utilizar son:

Figura 21 Envase de plástico de yogurt



Fuente: Elaboración Propia

Figura 22 Envase de lata de leche evaporada



Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.4. Dimensiones de la Cámara de Conservación de Lácteos

Por la configuración experimental de productos lácteos en stock que presenta el Supermercado Tottus del Mall Plaza Cayma, procedemos a asumir la cantidad de 1176 productos lácteos.

Las dimensiones internas de las cámaras se considerarán las mismas que son:

Tabla 25 Dimensiones Internas de las Cámaras

Dimensiones	Metros	Pies
Largo	15	49.18
Ancho	0.5	1.64
Alto	2	6.56

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.5. Dimensiones Exteriores de las Cámaras

- **Cálculo del Aislante**

Del Anexo 1 tomaremos los datos de humedad relativa y el tiempo máximo de conservación del producto y de la tabla 18 la temperatura experimental en la cual se conservan los lácteos.

Tabla 26 Condiciones de Almacenaje para Productos Refrigerados

Producto	Temperatura (°F)	Humedad Relativa (%)	Tiempo Aproximado
Yogurt	36-41	60-70	1-2 semanas
Leche	36-41	60-71	1-2 semanas

Fuente: Elaboración Propia

Del Anexo 12, para una temperatura de la cámara de 36°F tenemos que el espesor del corcho requerido es:

$$ec = 4'' \text{ (para } T^\circ \text{ de 35 a 50 } ^\circ\text{F)}$$

Usaremos Poliestireno:

$$e = ec \times \frac{K}{Kc} = 4'' \times \frac{0.026}{0.035} = 2.9714''$$

$$e = 3''$$

- **Dimensiones de la Pared**

De acuerdo a la tabla 19, y a las dimensiones que existen en el supermercado Tottus del Mall Plaza Cayma tendremos:

Tabla 27 Espesor de Pared Cámara de Conservación para Lácteos

Componente	Medida (Pulg)	Medida (Cm)
Enlucido exterior	0.75	1.91
Muro de ladrillo	6	15.24
Barrera de vapor	0.004	0.01
Aislante	3	7.62
Enlucido interior	0.75	1.91
TOTAL	10.504	26.68

$$\text{Espesor de la pared} = 10,504 \text{ pulg} = 26,68 \text{ cm}$$

Fuente: Elaboración Propia

- **Dimensiones del Techo**

A continuación, tendremos los detalles del espesor que tendrá el techo para conservar los lácteos:

Tabla 28 Espesor de Techo Cámara de Conservación para Lácteos

Componente	Medida (Pulg)	Medida (Cm)
Concreto	6	15.24
Barrera de Vapor	0.004	0.01
Aislante	3	7.62
Enlucido interior	0.75	1.91
TOTAL	9.754	24.78

$$\text{Espesor del techo} = 9,754 \text{ pulg} = 24,78 \text{ cm}$$

Fuente: Elaboración Propia

- **Dimensiones del Piso**

Realizaremos el cálculo para determinar el espesor que tendrá el piso del sistema:

Tabla 29 Espesor de Piso Cámara de Conservación para Lácteos

Componente	Medida (Pulg)	Medida (Cm)
Concreto	3	7.62
Barrera de Vapor	0.004	0.01
Aislante	3	7.62
Barrera de Vapor	0.004	0.01
Losa de Concreto	15	38.10
TOTAL	21.008	53.36

Espesor del piso = 21,008 pulg = 53,36 cm

Fuente: Elaboración Propia

- **Dimensiones Exteriores de la Cámara de Conservación de Lácteos**

En la siguiente tabla mostraremos las dimensiones exteriores que presentan nuestras cámaras:

Tabla 30 Dimensiones Exteriores de la Cámara de Conservación de Lácteos

Dimensiones	Metros	Pies
Largo (Li+2a)	15.53	50.93
Ancho (Ai + 2a)	1.03	3.39
Alto (Hi + b + c)	2.78	9.12

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

Li: Largo Interior (pies o metros).

Ai: Ancho Interior (pies o metros).

Hi: Alto Interior (pies o metros).

a: espesor de la pared (pies o metros).

b: espesor del techo (pies o metros).

c: espesor del piso (pies o metros).

4.2.2.6. Cálculo de Cargas Térmicas para la Cámara de Conservación de Lácteos

- **Cámara de Conservación de Lácteos:**

Por pared, techo y piso tenemos:

$$q1 = F1 \times Ae \quad (4.1)$$

Donde:

F_1 : Factor Ganancia por Pared

A_e : Área exterior

El cambio de temperatura interior y exterior nos da el siguiente resultado:

$$\Delta T_e = T_e - T_i = 82^\circ F - 36^\circ F = 46^\circ F \quad (4.2)$$

$$\Delta T_e = 46^\circ F$$

Del Anexo 2, con espesor del corcho de 4 pulg, y una diferencia de temperatura de 46°F e interpolando tenemos:

$$F1 = 93.6 \frac{BTU}{\text{día} \times \text{pie}^2}$$

Ahora, procedemos a hallar el área exterior.

$$Ae = 2(\text{largo} \times \text{ancho}) + 2(\text{largo} + \text{ancho}) \times \text{altura} \quad (4.3)$$

$$Ae = 2(50,93 \text{ pies} \times 3,39 \text{ pies}) + 2(50,93 \text{ pies} + 3,39 \text{ pies}) \times 9,12 \text{ pies}$$

$$Ae = 1335,87 \text{ pie}^2$$

Reemplazando valores de la ecuación (4.1)

$$q1 = 125,037.85 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Carga Solar**

Para el proyecto, se hará el cálculo sobre techo, por lo tanto, esta carga es nula.

$$q2 = 0$$

- **Carga por Cambio de Aire**

Para esta carga energética, tenemos la siguiente fórmula:

$$q_3 = F_2 \times F_3 \times V_1 \quad (4.4)$$

Donde:

F_2 : Factor de cambios de Aire cambios/día

F_3 : Factor de calor Inducido BTU/día

V_1 : Volumen Interior pie^3

En donde el volumen es:

$$V_1 = 49,18 \text{ pies} \times 1,64 \text{ pies} \times 6,56 \text{ pies}$$

$$V_1 = 528,68 \text{ pie}^3$$

Del Anexo 3, interpolando para el valor de nuestro volumen interior obtenemos que:

$$F_2 = 22,14 \frac{\text{cambios}}{\text{día}}$$

Del Anexo 5, extrapolando e interpolando con los valores de temperatura interior de 36°F y temperatura exterior de 82°F tenemos:

$$F_3 = 2,6 \frac{\text{BTU}}{\text{pie}^3}$$

Reemplazando en la ecuación (4.4):

$$q_3 = 528,68 \text{ pie}^3 \times 22,14 \frac{\text{cambios}}{\text{día}} \times 2,6 \frac{\text{BTU}}{\text{pie}^3}$$

$$q_3 = 30,432,86 \frac{\text{BTU}}{\text{día}}$$

- **Carga por Producto**

Para efectos de conversación de los lácteos tenemos que:

$$q_4 = \frac{m \times Ca \times (T_1 - T_i) \times 24}{f \times t} \quad (4.5)$$

Donde:

m: Masa o peso del producto. (Kg o Lb).

Ca: Calor específico del producto. Anexo 9. (BTU/lb°F)

T₁: Temperatura de ingreso a la cámara (°F)

T_i: Temperatura interior de la cámara (°F)

f: Factor de ritmo de enfriamiento. Anexo 6.

t: Tiempo de enfriamiento (horas)

Reemplazando los valores de la ecuación (4.5).

$$q_4 = \frac{1046 \text{ kg} \times 2.2 \frac{\text{lb}}{\text{kg}} \times 0.46 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}^\circ\text{F}} \times (82 - 36)^\circ\text{F} \times 24 \text{ hrs}}{10 \text{ hrs} \times 0.85}$$

$$q_4 = 137,487.22 \frac{\text{BTU}}{\text{día}}$$

También consideramos las siguientes cargas diversas:

- **Por Personas:**

La fórmula para la carga por personas es la siguiente:

$$q_{5a} = N_p \times F_p \times t \quad (4.6)$$

Donde:

N_p: Número de personas que habrá en la cámara

F_p: Factor de calor liberado por persona. Anexo 11. (BTU/hora persona)

t: cantidad de horas expuestas por persona en la cámara (hrs)

Asumimos los siguientes valores:

$$N_p = 3 \text{ personas}$$

$$t = 2 \frac{\text{hrs}}{\text{día}}$$

Del Anexo 11, interpolando, obtenemos el valor de F_p.

$$F_p = 884 \frac{\text{BTU}}{\text{hr persona}}$$

Reemplazando en la ecuación (4.6)

$$q_{5a} = 3 \text{ personas} \times 884 \frac{\text{BTU}}{\text{hr persona}} \times 2 \frac{\text{hrs}}{\text{día}}$$

$$q5a = 5304 \frac{BTU}{día}$$

- **Por Iluminación:**

Para cargas por iluminación, consideraremos el cálculo de esta manera:

$$q5b = Nf \times Pf \times F \times t_i \quad (4.7)$$

Donde:

Nf: Cantidad de área iluminada (W/pie²)

Pf: Área iluminada (pie²)

F: Factor de conversión de Watt a BTU (3,413)

t_i: Cantidad de horas que estará encendida la iluminación en la cámara de refrigeración (hr/día)

El valor de la cantidad de área iluminada se estima el siguiente:

$$Nf = 2 \frac{W}{pie^2}$$

El área iluminada con las dimensiones obtenidas es:

$$Pf = 49,18 \text{ pie} \times 1,64 \text{ pie}$$

$$Pf = 80,66 \text{ pie}^2$$

Reemplazando en la ecuación (4.7) y consideramos el factor 1.25 para uso de fluorescentes.

$$q5b = 2 \frac{W}{pie^2} \times 80,66 \text{ pie}^2 \times 3,413 \times 11 \frac{hr}{día} \times 1.25$$

$$q5b = 7,567.12 \frac{BTU}{día}$$

- **Por Envases:**

La carga por envases se da por la fórmula mostrada a continuación:

$$q5c = \frac{\#env \times W_{env} \times Ca \frac{BTU}{Lb \cdot ^\circ F} \times \Delta T}{f} \quad (4.8)$$

Donde:

#env: Número de envases.

W_{env} : Peso del envase (lb).

Ca: Calos específico (BTU/lb x día).

ΔT : Variación de temperatura ($^{\circ}F$).

f: Factor de rapidez de enfriamiento.

Reemplazando los valores obtenidos en la ecuación (4.8) tenemos:

$$q_{5c} = \frac{1046 \times 2.2 \frac{lb}{kg} \times 0.5 \text{ kg} \times 0.45 \frac{BTU}{Lb^{\circ}F} \times (82 - 36)^{\circ}F}{0.85}$$

$$q_{5c} = 2,802.05 \frac{BTU}{día}$$

- **Carga de Respiración**

En este caso, no utilizaremos la fórmula de carga por respiración porque solo aplica a vegetales o a productos de emanan dióxido de carbono a la atmósfera.

$$q_{5d} = 0 \frac{BTU}{día}$$

Habiendo finalizado de obtener todas las cargas diversas, continuamos a unir las:

$$q_5 = q_{5a} + q_{5b} + q_{5c} + q_{5d}$$

$$q_5 = 5,304 \frac{BTU}{día} + 7,567.12 \frac{BTU}{día} + 2,802,05 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día}$$

$$q_5 = 15,673.17 \frac{BTU}{día}$$

4.2.2.7. Carga Total en la Cámara de Conservación de Lácteos

Luego de haber hallado todas las cargas energéticas procedemos a sumarlas:

$$q_t = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5$$

$$q_t = 125,037.85 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día} + 30,432.86 \frac{BTU}{día}$$

$$+ 137,487.22 \frac{BTU}{día} + 15,673.17 \frac{BTU}{día}$$

$$qt = 308,631.10 \frac{BTU}{día}$$

Considerando un factor del 10% por motores y otros equipos:

$$qt' lácteos = 1.1 \times 308,631.10 \frac{BTU}{día}$$

$$qt' lácteos = 339,494.21 \frac{BTU}{día}$$

4.2.3. Almacenamiento de Lácteos

4.2.3.1. Cantidad de Lácteos a Almacenar

Procedemos a almacenar el 40% del total de productos lácteos a almacenar, tendremos la siguiente tabla:

Tabla 31 Cantidad de Productos Lácteos a Almacenar

Tipo de Lácteo	Cantidad a Almacenar Diario (UND)	Cantidad a Almacenar Diario (Kg.)
Yogurt	640	640
Leche	144	58
	784	698

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3.2. Dimensiones de las Cámaras de Almacenamiento

Por la configuración experimental de productos lácteos en stock que presenta el Supermercado Tottus del Mall Plaza Cayma, consideraremos la cantidad de estas 784 unidades de estos productos.

Las dimensiones internas de las cámaras de almacenamiento son:

Tabla 32 Dimensiones Internas de las Cámaras

Dimensiones	Metros	Pies
Largo	4	13.11
Ancho	6	19.67
Alto	3	9.84

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3.3. Número Necesario de Cámaras

Luego de obtener un número aproximado de los lácteos a almacenar, calculamos la cantidad de cámaras necesarias.

Tabla 33 Cantidad de Cámaras Necesarias

Tipo de Cámara	Cantidad	Lácteos por Cámara	Total de Cámaras
Yogurt fresco	640	640	1
Leche fresca	144	144	1

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3.4. Dimensiones Exteriores de las Cámaras

- **Cálculo del Aislante**

Del Anexo 12, para una temperatura de la cámara de 41°F con material polietireno, tenemos que el espesor del corcho requerido es:

$$e = 3''$$

- **Dimensiones de la Pared**

De acuerdo a la tabla 19, y a las dimensiones que existen en el supermercado Tottus del Mall Plaza Cayma tendremos:

Tabla 34 Espesor de Pared Cámara de Conservación para Lácteos

Componente	Medida (Pulg)	Medida (Cm)
Enlucido exterior	0.75	1.91
Muro de ladrillo	6	15.24
Barrera de vapor	0.004	0.01
Aislante	3	7.62
Enlucido interior	0.75	1.91
TOTAL	10.504	26.68

$$\text{Espesor de la pared} = 10,504 \text{ pulg} = 26,68 \text{ cm}$$

Fuente: Elaboración Propia

- **Dimensiones del Techo**

A continuación, tendremos los detalles del espesor que tendrá el techo para conservar los lácteos:

Tabla 35 Espesor de Techo Cámara de Almacenamiento para Lácteos

Componente	Medida (Pulg)	Medida (Cm)
Concreto	6	15.24
Barrera de Vapor	0.004	0.01
Aislante	3	7.62
Enlucido interior	0.75	1.91
TOTAL	9.754	24.78

Espesor del techo = 9,754 pulg = 24,78 cm

Fuente: Elaboración Propia

- **Dimensiones del Piso**

Realizaremos el cálculo para determinar el espesor que tendrá el piso del sistema:

Tabla 36 Espesor de Piso Cámara de Almacenamiento para Lácteos

Componente	Medida (Pulg)	Medida (Cm)
Concreto	3	7.62
Barrera de Vapor	0.004	0.01
Aislante	3	7.62
Barrera de Vapor	0.004	0.01
Losa de Concreto	15	38.10
TOTAL	21.008	53.36

Espesor del piso = 21,008 pulg = 53,36 cm

Fuente: Elaboración Propia

- **Dimensiones Exteriores de la Cámara de Almacenamiento de Lácteos**

En la siguiente tabla mostraremos las dimensiones exteriores que presentan nuestras cámaras:

Tabla 37 Dimensiones Exteriores de la Cámara de Almacenamiento de Lácteos

Dimensiones	Metros	Pies
Largo (Li+2a)	4.53	14.86
Ancho (Ai + 2a)	6.53	21.42
Alto (Hi + b + c)	3.78	12.40

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3.5. Cálculo de Cargas Térmicas para la Cámara de Almacenamiento de Lácteos

- **Cámara de Almacenamiento de Lácteos:**

$$\Delta T_e = 46^\circ F$$

Del Anexo 2, con espesor del corcho de 4 pulg, y una diferencia de temperatura de 46°F e interpolando tenemos:

$$F1 = 93.6 \frac{BTU}{\text{día} \times \text{pie}^2}$$

Ahora, hallando el área exterior con la ecuación (4.3) tenemos:

$$A_e = 1,536.57 \text{ pie}^2$$

Reemplazando valores de la ecuación (4.1)

$$q_1 = 143,823.13 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Carga Solar**

Para el proyecto, se hará el cálculo sobre techo, por lo tanto, esta carga es nula.

$$q_2 = 0$$

- **Carga por Cambio de Aire**

$$q_3 = 58,061.60 \frac{BTU}{\text{día}}$$

Debido a que nuestro diseño se considera con antecámara, se multiplica por 0,5.

$$q_3' = 58,061.60 \frac{BTU}{\text{día}} \times 0.5$$

$$q_3 = 29,030.80 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Carga por Producto**

Reemplazando los valores correspondientes en la ecuación (4.5).

$$q_4 = 91,745.78 \frac{BTU}{\text{día}}$$

También consideramos las siguientes cargas diversas:

- **Por Personas:**

$$q5a = 4,402.69 \frac{BTU}{día}$$

- **Por Iluminación:**

$$q5b = 4,402.69 \frac{BTU}{día}$$

- **Por Envases:**

$$q5c = 1,869.82 \frac{BTU}{día}$$

- **Carga de Respiración**

En este caso, no utilizaremos la fórmula de carga por respiración porque solo aplica a vegetales o a productos de emanación de dióxido de carbono a la atmósfera.

$$q5d = 0 \frac{BTU}{día}$$

Habiendo finalizado de obtener todas las cargas diversas, continuamos a unir las:

$$q5 = q5a + q5b + q5c + q5d$$

$$q5 = 3,536 \frac{BTU}{día} + 4,402.69 \frac{BTU}{día} + 1,869.82 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día}$$

$$q5 = 9,808.51 \frac{BTU}{día}$$

4.2.3.6. Carga Total en la Cámara de Almacenamiento de Lácteos

Luego de haber hallado todas las cargas energéticas procedemos a sumarlas:

$$qt = q1 + q2 + q3 + q4 + q5$$

$$qt = 143,823.13 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día} + 29,030.80 \frac{BTU}{día}$$

$$+ 91,745.78 \frac{BTU}{día} + 9,808.51 \frac{BTU}{día}$$

$$qt = 274,408.21 \frac{BTU}{día}$$

Considerando un factor del 10% por motores y otros equipos:

$$qt'' \text{ lácteos} = 1.1 \times 274,408.21 \frac{BTU}{\text{día}}$$

$$qt'' \text{ lácteos} = 301,849.03 \frac{BTU}{\text{día}}$$

4.2.3.7. Carga Total de Lácteos en el Supermercado

Procedemos a obtener la carga general de todos los lácteos que hay en el supermercado:

$$qt \text{ lácteos} = qt' \text{ lácteos} + qt'' \text{ lácteos}$$

$$qt \text{ lácteos} = 339,494.21 \frac{BTU}{\text{día}} + 301,849.03 \frac{BTU}{\text{día}}$$

$$qt \text{ lácteos} = 641,343.24 \frac{BTU}{\text{día}}$$

4.2.4. Cálculo de Cargas en el área de Frutas y Verduras

4.2.4.1. Dimensiones del Paquete de Frutas y Verduras

Los datos aproximados de los envases que contienen frutas y verduras más comerciales a utilizar son:

Figura 23 Dimensiones de un Paquete Promedio de Espárragos



Fuente: Elaboración Propia

4.2.4.2. Resumen de Cálculo de Cargas Térmicas para la Cámara de Conversación de Frutas y Verduras

- **Cámara de Conservación de las Frutas y Verduras**

Utilizando la ecuación (4.2) y considerando la temperatura interior y exterior de la cámara tenemos el siguiente valor de variación de temperatura:

$$\Delta T_e = 41^\circ F$$

Del Anexo 2, con espesor del corcho de 4 pulg, y una diferencia de temperatura de 41°F e interpolando tenemos:

$$F1 = 73.8 \frac{BTU}{\text{día} \times \text{pie}^2}$$

Ahora, hallando el área exterior con la ecuación (4.3) tenemos:

$$A_e = 1,171.83 \text{ pie}^2$$

Reemplazando valores de la ecuación (4.1)

$$q_1 = 86,481.37 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Carga Solar**

Para el proyecto, se hará el cálculo sobre techo, por lo tanto, esta carga es nula.

$$q_2 = 0$$

- **Carga por Cambio de Aire**

$$q_3 = 27,299.19 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Carga por Producto**

Para efectos de conversación de las frutas y verduras tenemos la siguiente fórmula que es:

$$q_4 = 13,246.15 \frac{BTU}{\text{día}}$$

También consideramos las siguientes cargas diversas:

- **Por Personas:**

$$q5a = 3,312.00 \frac{BTU}{día}$$

- **Por Iluminación:**

$$q5b = 6,741.62 \frac{BTU}{día}$$

- **Por Envases:**

Para este caso, las frutas y verduras no se almacenarán en envases por lo que consideramos carga nula.

$$q5c = 0 \frac{BTU}{día}$$

- **Carga de Respiración**

Los productos como frutas y verduras liberan dióxido de carbono mientras maduran, generando una carga energética, por ello se considera la siguiente fórmula para este cálculo:

$$q5d = m \times Fr \frac{BTU}{día} \quad (4.9)$$

Reemplazando los valores en la ecuación (4.9) tenemos:

$$q5d = 0.30 \text{ kg} \times 2.2 \frac{\text{lb}}{\text{kg}} \times 768 \text{ und} \times 5.75 \frac{BTU}{\text{lb. día}}$$

$$q5d = 2,914.56 \frac{BTU}{día}$$

Habiendo finalizado de obtener todas las cargas diversas, continuamos a unir las:

$$q5 = q5a + q5b + q5c + q5d$$

$$q5 = 3,312.00 \frac{BTU}{día} + 6,558.17 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día} + 2,914.56 \frac{BTU}{día}$$

$$q5 = 12,784.73 \frac{BTU}{día}$$

4.2.4.3. Carga Total de Conversación de Frutas y Verduras

Luego de haber hallado todas las cargas energéticas procedemos a sumarlas:

$$\begin{aligned}
 q_t &= q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 \\
 q_t &= 86,481.37 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día} + 27,299.88 \frac{BTU}{día} + 13,246.15 \frac{BTU}{día} \\
 &\quad + 12,784.73 \frac{BTU}{día} \\
 q_t &= 139,812.14 \frac{BTU}{día}
 \end{aligned}$$

Considerando un factor del 10% por motores y otros equipos:

$$\begin{aligned}
 q_t' &= 1.1 \times 139,812.74 \frac{BTU}{día} \\
 q_t' \text{ frutas y verduras} &= 153,793.35 \frac{BTU}{día}
 \end{aligned}$$

4.2.5. Almacenamiento de Frutas y Verduras

4.2.5.1. Cálculo de Cargas Térmicas para la Cámara de Frutas y Verduras

- **Cámara de Almacenamiento de las Frutas y Verduras**

Utilizando la ecuación (4.2) y considerando la temperatura interior y exterior de la cámara tenemos el siguiente valor de variación de temperatura:

$$\Delta T_e = 41^\circ F$$

Del Anexo 2, con espesor del corcho de 4 pulg, y una diferencia de temperatura de 41°F e interpolando tenemos:

$$F1 = 73.8 \frac{BTU}{día \times pie^2}$$

Ahora, hallando el área exterior con la ecuación (4.3) tenemos:

$$\begin{aligned}
 A_e &= 2(14,86 \times 21,42) + 2(14,86 + 21,42) \times 12.40 \\
 A_e &= 1,536.57 \text{ pie}^2
 \end{aligned}$$

Reemplazando valores de la ecuación (4.1)

$$q_1 = 113,399.00 \frac{BTU}{día}$$

- **Carga Solar**

Para el proyecto, se hará el cálculo sobre techo, por lo tanto, esta carga es nula.

$$q_2 = 0$$

- **Carga por Cambio de Aire**

$$q_3 = 54,868.21 \frac{BTU}{día}$$

Debido a que nuestro diseño se considera con antecámara, se multiplica por 0,5.

$$q_{3'} = 54,868.21 \frac{BTU}{día} \times 0.5$$

$$q_3 = 27,434.11 \frac{BTU}{día}$$

- **Carga por Producto**

$$q_4 = 8,830.77 \frac{BTU}{día}$$

También consideramos las siguientes cargas diversas:

- **Por Personas:**

$$q_{5a} = 3,312.00 \frac{BTU}{día}$$

- **Por Iluminación:**

$$q_{5b} = 6,741.62 \frac{BTU}{día}$$

- **Por Envases:**

Para este caso, las frutas y verduras no se almacenarán en envases por lo que consideramos carga nula.

$$q_{5c} = 0 \frac{BTU}{día}$$

- **Carga de Respiración**

$$q_{5d} = 1,943.04 \frac{BTU}{día}$$

Habiendo finalizado de obtener todas las cargas diversas, continuamos a unir las:

$$q5 = q5a + q5b + q5c + q5d$$

$$q5 = 3,312.00 \frac{BTU}{día} + 4,402.69 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día} + 1,943.04 \frac{BTU}{día}$$

$$q5 = 9,657.73 \frac{BTU}{día}$$

4.2.5.2. Carga Total de Almacenamiento de Frutas y Verduras

Luego de haber hallado todas las cargas energéticas procedemos a sumarlas:

$$qt = q1 + q2 + q3 + q4 + q5$$

$$qt = 113,399.00 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día} + 27,434.11 \frac{BTU}{día} + 8,830.77 \frac{BTU}{día}$$

$$+ 9,657.73 \frac{BTU}{día}$$

$$qt = 159,312.61 \frac{BTU}{día}$$

Considerando un factor del 10% por motores y otros equipos:

$$qt'' \text{ frutas y verduras} = 1.1 \times 159,312.61 \frac{BTU}{día}$$

$$qt'' \text{ frutas y verduras} = 179,253.77 \frac{BTU}{día}$$

4.2.5.3. Carga Total de Frutas y Verduras en el Supermercado

Procedemos a obtener la carga general de todas las frutas y verduras que hay en el supermercado:

$$qt \text{ frutas y verduras} = qt' + qt''$$

$$qt \text{ frutas y verduras} = 153,793.35 \frac{BTU}{día} + 179,253.77 \frac{BTU}{día}$$

$$qt \text{ frutas y verduras} = 309,047.12 \frac{BTU}{día}$$

4.2.6. Cálculo de Cargas en el área de Fiambres

4.2.6.1. Dimensiones del Paquete de Fiambre

Los datos aproximados de los envases que contienen fiambres más comerciales a utilizar son:

Figura 24 Dimensiones de un Paquete Promedio de Salchichas



Fuente: Elaboración Propia

4.2.6.2. Cálculo de Cargas Térmicas para la Conversación de Cámaras de Fiambres

- **Cámara de Conservación de Fiambres**

Utilizando la ecuación (4.2) y considerando la temperatura interior y exterior de la cámara tenemos el siguiente valor de variación de temperatura:

$$\Delta T_e = 50^\circ F$$

Del Anexo 2, con espesor del corcho de 4 pulg, y una diferencia de temperatura de 50°F e interpolando tenemos:

$$F1 = 72.00 \frac{BTU}{dia \times pie^2}$$

Ahora, hallando el área exterior con la ecuación (4.3) tenemos:

$$Ae = 2(41.26 \times 3.56) + 2(41.26 + 3.56) \times 6.01$$

$$Ae = 831.62 \text{ pie}^2$$

Reemplazando valores de la ecuación (4.1)

$$q1 = 59,890.90 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Carga Solar**

Para el proyecto, se hará el cálculo sobre techo, por lo tanto, esta carga es nula.

$$q2 = 0$$

- **Carga por Cambio de Aire**

$$q3 = 21,937.43 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Carga por Producto**

$$q4 = 126,878.40 \frac{BTU}{\text{día}}$$

También consideramos las siguientes cargas diversas:

- **Por Personas:**

$$q5a = 5,568.00 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Por Iluminación:**

$$q5b = 6,053.70 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Por Envases:**

Para este caso, las frutas y verduras no se almacenarán en envases por lo que consideramos carga nula.

$$q5c = 0 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Carga de Respiración**

La carga por respiración solo se considera para productos vegetales por lo que consideramos carga nula.

$$q_{5d} = 0 \frac{BTU}{día}$$

Habiendo finalizado de obtener todas las cargas diversas, continuamos a unir las:

$$q_5 = q_{5a} + q_{5b} + q_{5c} + q_{5d}$$

$$q_5 = 5,568.00 \frac{BTU}{día} + 6,053.70 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día}$$

$$q_5 = 11,621.70 \frac{BTU}{día}$$

4.2.6.3. Carga Total de Conversación en la Cámara de Fiambres

Luego de haber hallado todas las cargas energéticas procedemos a sumarlas:

$$q_t = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5$$

$$q_t = 59,890.90 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día} + 21,937.43 \frac{BTU}{día}$$

$$+ 126,878.40 \frac{BTU}{día} + 11,621.70 \frac{BTU}{día}$$

$$q_t = 220,328.42 \frac{BTU}{día}$$

Considerando un factor del 10% por motores y otros equipos:

$$q_{t' \text{ fiambres}} = 1.1 \times 220,328.42 \frac{BTU}{día}$$

$$q_{t' \text{ fiambres}} = 242,361.27 \frac{BTU}{día}$$

4.2.7. Almacenamiento de Fiambres

4.2.7.1. Cálculo de Cargas Térmicas para la Cámara de Almacenamiento de los Fiambres

- **Cámara de Almacenamiento de los Fiambres**

Utilizando la ecuación (4.2) y considerando la temperatura interior y exterior de la cámara tenemos el siguiente valor de variación de temperatura:

$$\Delta T_e = 50^\circ F$$

Del Anexo 2, con espesor del corcho de 4 pulg, y una diferencia de temperatura de 50°F e interpolando tenemos:

$$F1 = 72.00 \frac{BTU}{\text{día} \times \text{pie}^2}$$

Ahora, hallando el área exterior con la ecuación (4.3) tenemos:

$$Ae = 2(15.03 \times 11.75) + 2(15.03 + 11.75) \times 12.56$$

$$Ae = 1,026.32 \text{ pie}^2$$

Reemplazando valores de la ecuación (4.1)

$$q1 = 73,894.69 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Carga Solar**

Para el proyecto, se hará el cálculo sobre techo, por lo tanto, esta carga es nula.

$$q2 = 0$$

- **Carga por Cambio de Aire**

$$q3 = 19,950.61 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Carga por Producto**

$$q4 = 84,585.60 \frac{BTU}{\text{día}}$$

También consideramos las siguientes cargas diversas:

- **Por Personas:**

$$q5a = 1,856.00 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Por Iluminación:**

$$q5b = 2,201.34 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Por Envases:**

Para este caso, las frutas y verduras no se almacenarán en envases por lo que consideramos carga nula.

$$q5c = 0 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Carga de Respiración**

La carga por respiración solo se considera para productos vegetales por lo que consideramos carga nula.

$$q_{5d} = 0 \frac{BTU}{día}$$

Habiendo finalizado de obtener todas las cargas diversas, continuamos a unirlas:

$$q_5 = q_{5a} + q_{5b} + q_{5c} + q_{5d}$$

$$q_5 = 1,856.00 \frac{BTU}{día} + 2,201.34 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día}$$

$$q_5 = 4,057.34 \frac{BTU}{día}$$

4.2.7.2. Carga Total de Almacenamiento de Fiambres

Luego de haber hallado todas las cargas energéticas procedemos a sumarlas:

$$q_t = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5$$

$$q_t = 73,894.69 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día} + 19,950.61 \frac{BTU}{día} + 84,585.60 \frac{BTU}{día}$$

$$+ 4,057.34 \frac{BTU}{día}$$

$$q_t = 182,488.23 \frac{BTU}{día}$$

Considerando un factor del 10% por motores y otros equipos:

$$q_t'' \text{ fiambres} = 1.1 \times 182,488.23 \frac{BTU}{día}$$

$$q_t'' \text{ fiambres} = 200,737.06 \frac{BTU}{día}$$

4.2.7.3. Carga Total de Fiambres en el Supermercado

Procedemos a obtener la carga general de todas las frutas y verduras que hay en el supermercado:

$$q_t \text{ fiambres} = q_t' \text{ fiambres} + q_t'' \text{ fiambres}$$

$$q_t \text{ fiambres} = 242,361.27 \frac{BTU}{día} + 200,737.06 \frac{BTU}{día}$$

$$q_t \text{ fiambres} = 443,098.32 \frac{BTU}{día}$$

4.2.8. Cálculo de Cargas en el área de Pasteles

4.2.8.1. Dimensiones Promedio de un Pastel

Las dimensiones aproximadas de los pasteles más comerciales son:

Figura 25 Dimensión Promedio de un Pastel



Fuente: Elaboración Propia

4.2.8.2. Cálculo de Cargas Térmicas para la Cámara de Conservación de los Pasteles

- **Cámara de Conservación de las Pasteles**

Utilizando la ecuación (4.2) y considerando la temperatura interior y exterior de la cámara tenemos el siguiente valor de variación de temperatura:

$$\Delta T_e = 43^\circ F$$

Del Anexo 2, con espesor del corcho de 4 pulg, y una diferencia de temperatura de 43°F e interpolando tenemos:

$$F1 = 75.6 \frac{BTU}{dia \times pie^2}$$

Ahora, procedemos a hallar el área exterior y reemplazaremos sus valores en la ecuación (4.3).

$$A_e = 2(27.98 \times 3.39) + 2(27.98 + 3.39) \times 7,48$$

$$Ae = 658.89 \text{ pie}^2$$

Reemplazando valores de la ecuación (4.1)

$$q1 = 49,811.97 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Carga Solar**

Para el proyecto, se hará el cálculo sobre techo, por lo tanto, esta carga es nula.

$$q2 = 0$$

- **Carga por Cambio de Aire**

$$q3 = 21,721.12 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Carga por Producto**

$$q4 = 26,163.95 \frac{BTU}{\text{día}}$$

También consideramos las siguientes cargas diversas:

- **Por Personas:**

$$q5a = 3,712.00 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Por Iluminación:**

$$q5b = 4,035.80 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Por Envases:**

La carga por envases se da por la fórmula mostrada a continuación:

$$q5c = 0 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Carga de Respiración**

En este caso, no utilizaremos la fórmula de carga por respiración porque solo aplica a vegetales o a productos de emanan dióxido de carbono a la atmósfera.

$$q5d = 0 \frac{BTU}{\text{día}}$$

Habiendo finalizado de obtener todas las cargas diversas, continuamos a unir las:

$$q5 = q5a + q5b + q5c + q5d$$

$$q5 = 3,712.00 \frac{BTU}{día} + 4,035.80 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día}$$

$$q5 = 7,747.80 \frac{BTU}{día}$$

4.2.8.3. Carga Total de Conservación de Pasteles

Luego de haber hallado todas las cargas energéticas procedemos a sumarlas:

$$qt = q1 + q2 + q3 + q4 + q5$$

$$qt = 49,811.97 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día} + 21,712.12 \frac{BTU}{día} + 26,163.95 \frac{BTU}{día}$$

$$+ 7,747.80 \frac{BTU}{día}$$

$$qt = 105,444.84 \frac{BTU}{día}$$

Considerando un factor del 10% por motores y otros equipos:

$$qt'pasteles = 1.1 \times 105,444.84 \frac{BTU}{día}$$

$$qt'pasteles = 115,989.33 \frac{BTU}{día}$$

4.2.9. Almacenamiento de Pasteles

4.2.9.1. Cálculo de Cargas Térmicas para la Cámara de Almacenamiento de Pasteles

- Cámara de Almacenamiento de los Pasteles

Utilizando la ecuación (4.2) y considerando la temperatura interior y exterior de la cámara tenemos el siguiente valor de variación de temperatura:

$$\Delta T_e = 43^\circ F$$

Del Anexo 2, con espesor del corcho de 4 pulg, y una diferencia de temperatura de 43°F e interpolando tenemos:

$$F1 = 75.6 \frac{BTU}{día \times pie^2}$$

Ahora, procedemos a hallar el área exterior y reemplazaremos sus valores en la ecuación (4.3).

$$Ae = 2(14.86 \times 11.59) + 2(14.86 + 11.59) \times 12.40$$

$$Ae = 1,000.27 \text{ pie}^2$$

Reemplazando valores de la ecuación (4.1)

$$q1 = 75,620.19 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Carga Solar**

Para el proyecto, se hará el cálculo sobre techo, por lo tanto, esta carga es nula.

$$q2 = 0$$

- **Carga por Cambio de Aire**

$$q3 = 19,753.89 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Carga por Producto**

$$q4 = 17,442.64 \frac{BTU}{\text{día}}$$

También consideramos las siguientes cargas diversas:

- **Por Personas:**

$$q5a = 1,856.00 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Por Iluminación:**

$$q5b = 2,201.34 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Por Envases:**

La carga por envases se da por la fórmula mostrada a continuación:

$$q5c = 0 \frac{BTU}{\text{día}}$$

- **Carga de Respiración**

En este caso, no utilizaremos la fórmula de carga por respiración porque solo aplica a vegetales o a productos de emanan dióxido de carbono a la atmósfera.

$$q5d = 0 \frac{BTU}{\text{día}}$$

Habiendo finalizado de obtener todas las cargas diversas, continuamos a unirlos:

$$q5 = q5a + q5b + q5c + q5d$$

$$q5 = 1,856.00 \frac{BTU}{\text{día}} + 2,201.34 \frac{BTU}{\text{día}} + 0 \frac{BTU}{\text{día}} + 0 \frac{BTU}{\text{día}}$$

$$q5 = 4,057.34 \frac{BTU}{\text{día}}$$

4.2.9.2. Carga Total de Almacenamiento de Pasteles

Luego de haber hallado todas las cargas energéticas procedemos a sumarlas:

$$qt = q1 + q2 + q3 + q4 + q5$$

$$qt = 75,620.19 \frac{BTU}{\text{día}} + 0 \frac{BTU}{\text{día}} + 19,753.89 \frac{BTU}{\text{día}}$$

$$+ 17,442.64 \frac{BTU}{\text{día}} + 4,057.34 \frac{BTU}{\text{día}}$$

$$qt = 116,874.06 \frac{BTU}{\text{día}}$$

Considerando un factor del 10% por motores y otros equipos:

$$qt'' \text{ pasteles} = 1.1 \times 116,874.06 \frac{BTU}{\text{día}}$$

$$qt'' \text{ pasteles} = 128,561.47 \frac{BTU}{\text{día}}$$

4.2.9.3. Carga Total de Pasteles en el Supermercado

Procedemos a obtener la carga general de todos los fiambres que hay en el supermercado:

$$qt \text{ pasteles} = qt' \text{ pasteles} + qt'' \text{ pasteles}$$

$$qt \text{ pasteles} = 115,989.33 \frac{BTU}{\text{día}} + 128,561.47 \frac{BTU}{\text{día}}$$

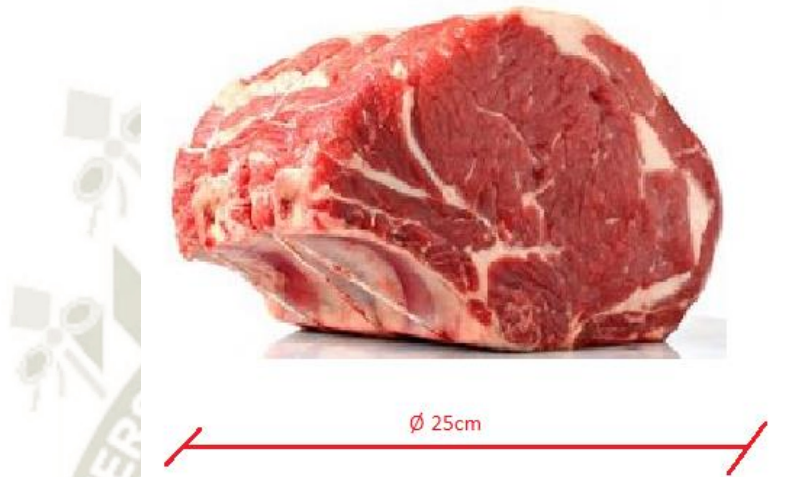
$$qt \text{ pasteles} = 244,550.79 \frac{BTU}{\text{día}}$$

4.2.10. Cálculo de Cargas en el área de Carnes

4.2.10.1. Dimensiones del Paquete de Carne

Las dimensiones aproximadas en un kilo de carne son:

Figura 26 Dimensión Promedio de un kilo de Carne



Fuente: Elaboración Propia

4.2.10.2. Cálculo de Cargas Térmicas para la Cámara de Conversación de Carnes

- **Cámara de Conservación de las Carnes**

Utilizando la ecuación (4.2) y considerando la temperatura interior y exterior de la cámara tenemos el siguiente valor de variación de temperatura:

$$\Delta T_e = 50^\circ F$$

Del Anexo 2, con espesor del corcho de 5 pulg, y una diferencia de temperatura de 50°F e interpolando tenemos:

$$F1 = 72.00 \frac{BTU}{dia \times pie^2}$$

Ahora, hallando el área exterior con la ecuación (4.3) tenemos:

$$A_e = 2(44.54 \times 3.56) + 2(44.54 + 3.56) \times 9.29$$

$$A_e = 1,209.90 \text{ pie}^2$$

Reemplazando valores de la ecuación (4.1)

$$q_1 = 87,112.53 \frac{BTU}{día}$$

- **Carga Solar**

Para el proyecto, se hará el cálculo sobre techo, por lo tanto, esta carga es nula.

$$q_2 = 0$$

- **Carga por Cambio de Aire**

$$q_3 = 21,333.24 \frac{BTU}{día}$$

- **Carga por Producto**

$$q_4 = 16,210.53 \frac{BTU}{día}$$

También consideramos las siguientes cargas diversas:

- **Por Personas:**

$$q_{5a} = 3,712.00 \frac{BTU}{día}$$

- **Por Iluminación:**

$$q_{5b} = 6,558.17 \frac{BTU}{día}$$

- **Por Envases:**

Para este caso, las frutas y verduras no se almacenarán en envases por lo que consideramos carga nula.

$$q_{5c} = 0 \frac{BTU}{día}$$

- **Carga de Respiración**

La carga por respiración solo se considera para productos vegetales por lo que consideramos carga nula.

$$q_{5d} = 0 \frac{BTU}{día}$$

Habiendo finalizado de obtener todas las cargas diversas, continuamos a unir las:

$$q_5 = q_{5a} + q_{5b} + q_{5c} + q_{5d}$$

$$q_5 = 3,712.00 \frac{BTU}{día} + 6,558.17 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día}$$

$$q_5 = 10,270.17 \frac{BTU}{día}$$

4.2.10.3. Carga Total de Carnes en el Área de Conservación

Luego de haber hallado todas las cargas energéticas procedemos a sumarlas:

$$q_t = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5$$

$$q_t = 87,112.53 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día} + 21,333.24 \frac{BTU}{día}$$

$$+ 16,270.53 \frac{BTU}{día} + 10,270.17 \frac{BTU}{día}$$

$$q_t = 134,926.47 \frac{BTU}{día}$$

Considerando un factor del 10% por motores y otros equipos:

$$q_t' = 1.1 \times 134,926.47 \frac{BTU}{día}$$

$$q_t' = 148,419.11 \frac{BTU}{día}$$

4.2.11. Almacenamiento de Carnes

4.2.11.1. Cálculo de Cargas Térmicas para la Cámara de Almacenamiento de Carnes

- Cámara de Almacenamiento de Carnes

Utilizando la ecuación (4.2) y considerando la temperatura interior y exterior de la cámara tanto de 82°F como 32°F tenemos el siguiente valor de variación de temperatura:

$$\Delta T_e = 50^\circ F$$

Del Anexo 2, con espesor del corcho de 4 pulg, y una diferencia de temperatura de 50°F e interpolando tenemos:

$$F_1 = 72 \frac{BTU}{día \times pie^2}$$

Ahora, hallando el área exterior con la ecuación (4.3) tenemos:

$$Ae = 2(15.03 \times 11.75) + 2(15.03 + 11.75) \times 12.56$$

$$Ae = 1,026.32 \text{ pie}^2$$

Reemplazando valores de la ecuación (4.1)

$$q1 = 73,894.69 \frac{\text{BTU}}{\text{día}}$$

- **Carga Solar**

Para el proyecto, se hará el cálculo sobre techo, por lo tanto, esta carga es nula.

$$q2 = 0$$

- **Carga por Cambio de Aire**

$$q3'' = 15,737.54 \frac{\text{BTU}}{\text{día}}$$

- **Carga por Producto**

No consideramos carga de producto porque la carne ya se encuentra refrigerada.

$$q4 = 0 \frac{\text{BTU}}{\text{día}}$$

También consideramos las siguientes cargas diversas:

- **Por Personas:**

$$q5a = 5,200.00 \frac{\text{BTU}}{\text{día}}$$

- **Por Iluminación:**

$$q5b = 2,201.34 \frac{\text{BTU}}{\text{día}}$$

- **Por Envases:**

Para este caso, las frutas y verduras no se almacenarán en envases por lo que consideramos carga nula.

$$q5c = 0 \frac{\text{BTU}}{\text{día}}$$

- **Carga de Respiración**

La carga por respiración solo se considera para productos vegetales por lo que consideramos carga nula.

$$q_{5d} = 0 \frac{BTU}{día}$$

Habiendo finalizado de obtener todas las cargas diversas, continuamos a unir las:

$$q_5 = q_{5a} + q_{5b} + q_{5c} + q_{5d}$$

$$q_5 = 5,200.00 \frac{BTU}{día} + 2,201.34 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día}$$

$$q_5 = 7,401.34 \frac{BTU}{día}$$

4.2.11.2. Carga Total de Almacenamiento de Carnes

Luego de haber hallado todas las cargas energéticas procedemos a sumarlas:

$$q_t = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5$$

$$q_t = 73,894.69 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día} + 15,737.54 \frac{BTU}{día} + 0 \frac{BTU}{día}$$

$$+ 7,401.34 \frac{BTU}{día}$$

$$q_t = 97,033.57 \frac{BTU}{día}$$

Considerando un factor del 10% por motores y otros equipos:

$$q_{t''} = 1.1 \times 97,033.57 \frac{BTU}{día}$$

$$q_{t''} = 106,736.92 \frac{BTU}{día}$$

4.2.11.3. Carga Total de Carnes en el Supermercado

Procedemos a obtener la carga general de todas las carnes que hay en el supermercado:

$$q_{t \text{ carnes}} = q_{t' \text{ carnes}} + q_{t'' \text{ carnes}}$$

$$q_{t \text{ carnes}} = 148,419.11 \frac{BTU}{día} + 106,736.92 \frac{BTU}{día}$$

$$q_{t \text{ carnes}} = 255,156.04 \frac{BTU}{día}$$

4.2.12. Carga Global en el Supermercado

Con el fin de obtener la carga global del supermercado, se procede a sumar todas las cargas por alimento para tenerlo como informativo:

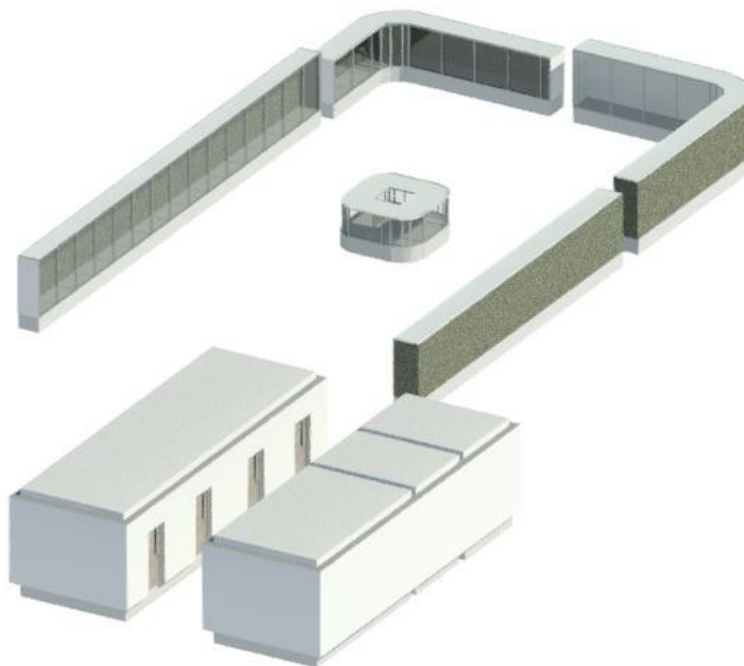
$$qt \text{ global} = qt \text{ lácteos} + qt \text{ frutas y verduras} + qt \text{ fiambres} \\ + qt \text{ pasteles} + qt \text{ carnes}$$

$$qt \text{ global} = 641,343.24 \frac{BTU}{\text{día}} + 329,047.12 \frac{BTU}{\text{día}} \\ + 443,098.32 \frac{BTU}{\text{día}} + 244,550.79 \frac{BTU}{\text{día}} \\ + 255,156.04 \frac{BTU}{\text{día}} \\ qt \text{ global} = 1,902,195.51 \frac{BTU}{\text{día}}$$

4.3. Cálculo del Diseño con Software

Utilizando al Software Revit, realizaos el cálculo de cargas térmicas empleando el plano de ejemplo a escala real del supermercado, teniendo en cuenta los siguientes resultados muy similares a los teóricos:

Figura 27 Plano en 3D del supermercado por Autodesk Revit



Fuente: Elaboración Propia

Figura 28 Resumen del Proyecto por Autodesk Revit

3 Espacios

Nombre de espacio	Área	Volumen (m ³)	Valor máximo de carga de refrigeración (Btu/h)	Flujo de aire de refrigeración (L/s)	Valor máximo de carga de calefacción (Btu/h)	Flujo de aire de calefacción (L/s)
3 ALMACENAMIENTO DE LACTEOS 2	10.791	28.37	6,791	133.7	2,452	200.2
2 ALMECENAMIENTO DE FRUTAS	10.691	32.07	3,924	81.1	1,866	152.4
4 ALMACENAMIENTO DE CARNE CONGELADA 2	10.409	31.23	2,692	55.7	1,828	149.2
5 ALMACENAMIENTO DE PASTELERIA	10.927	32.78	5,030	104.1	2,470	201.7
6 CONSERVACION DE FRUTAS Y VERDURAS	11.478	23.91	7,260	149.4	6,648	542.7
7 CONSERVACION DE CARNES	11.911	24.44	6,116	120.9	6,867	560.6
8 CONSERVACION DE PASTELES	8.618	13.57	4,668	94.9	3,892	317.8
10 CONSERVACION DE LACTEOS	13.317	29.74	13,385	218.8	10,484	855.9
13 ALMACENAMIENTO DE LACTEOS 1	10.791	32.37	6,681	138.1	2,452	200.2
14 ALMACENAMIENTO DE VERDURAS	11.059	33.18	3,994	82.5	1,916	156.4
15 ALMACENAMIENTO DE FIAMBRES	10.423	31.27	8,637	178.8	2,402	196.1
16 ALMACENAMIENTO DE CARNES CONGELADA 1	10.837	32.51	2,748	56.8	1,886	154.0
17 Espacio	6.921	7.04	8,382	173.5	1,939	158.3

Fuente: Elaboración Propia

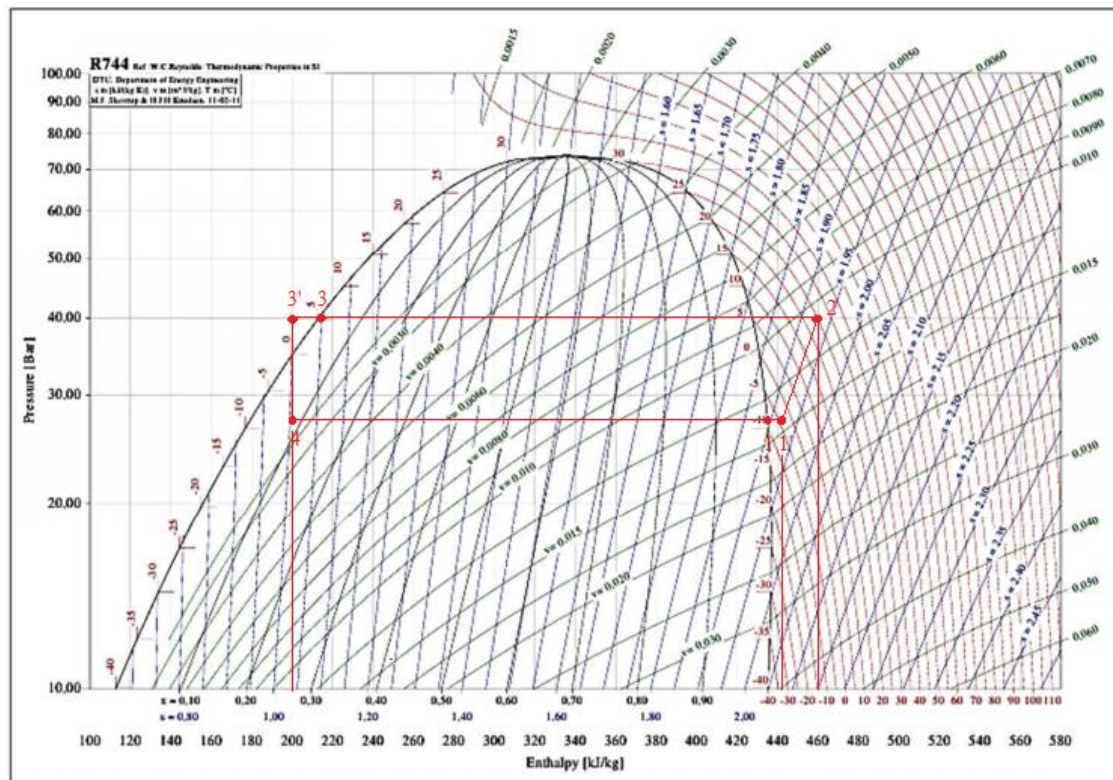
El valor considerado para nuestras cargas térmicas será utilizando el valor máximo de carga de refrigeración.

4.4. Cálculo de la Potencia del Compresor Teórica y su Selección

Se procede a realizar el cálculo y dimensionamiento de los compresores del área subcrítica que se acomoda a las condiciones climatológicas de Arequipa y la capacidad de refrigeración obtenida.

A continuación, utilizaremos el diagrama P-H del refrigerante R-744 a fin de detectar los valores de entalpías deseados para poder calcular la potencia de los compresores:

Figura 29 Diagrama P-H R744



Fuente: Euzébio, (2019)

Del diagrama P-H del refrigerante R-744 podemos extraer los siguientes valores de entalpía necesarios para poder calcular la potencia de los compresores a seleccionar en el sistema de refrigeración.

Las entalpías conocidas del sistema son:

- $h_1 = 432 \frac{KJ}{KG}$
- $h_{1'} = 442 \frac{KJ}{KG}$
- $h_2 = 460 \frac{KJ}{KG}$
- $h_3 = 215 \frac{KJ}{KG}$
- $h_{3'} = 205 \frac{KJ}{KG}$
- $h_4 = 205 \frac{KJ}{KG}$

Empleando la ecuación de equivalencias de calor en el sistema de refrigeración, contemplamos lo siguiente:

$$|Qg| = |Qp|$$

$$\dot{m} x (h1' - h1) = \dot{m} x (h3 - h3')$$

Anulando las masas máxicas, tenemos:

$$\left(442 \frac{KJ}{Kg} - 432 \frac{KJ}{Kg} \right) = (215 \frac{KJ}{Kg} - h3')$$

$$442 \frac{KJ}{Kg} - 432 \frac{KJ}{Kg} - 215 \frac{KJ}{Kg} = - h3'$$

$$h3' = 205 \frac{KJ}{Kg}$$

Ahora procedemos a calcular el flujo másico del sistema.

$$Qb = \dot{m} x (h1 - h4) \quad (4.8)$$

Considerando sólo los alimentos que recibirán directamente la refrigeración del sistema R-744, tomaremos sólo las carnes porque los demás alimentos no pueden ser conservados por debajo de 0°C.

Para poder continuar, tomamos el calor donde se almacenarán las carnes, ya que en la zona de exhibición o venta no podemos entregar las carnes congeladas porque perderíamos mucha energía y con ello pérdida de dinero, lo convertiremos a la unidad de KW para continuar con nuestro cálculo.

Cantidad de calor del sistema de almacenamiento de las carnes:

$$qt'' \text{ carnes} = 106,736.92 \frac{BTU}{\text{día}}$$

$$Qb = 106,736.92 \frac{BTU}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ hrs}} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ segundos}}$$

$$Qb = 1.2354 \frac{BTU}{\text{segundos}}$$

Para convertir estas unidades a KW, debemos considerar las conversiones de unidades que nos facilita el anexo 14, con ello tenemos lo siguiente:

$$1 \text{ BTU} = 1050 \text{ Joules}$$

Entonces,

$$Qb = 1.2354 \frac{BTU}{\text{segundos}} \times \frac{1050 \text{ Joules}}{1 \text{ BTU}}$$

$$Qb = 1297.17 \frac{\text{Joules}}{\text{segundos}}$$

Cambiando su equivalente a Kilowatts es:

$$Q_b = 1.30 \text{ KW}$$

Retomando la ecuación 4.8 y adquiriendo la información del anexo 13 interpolando y extrapolando sus valores para el cálculo del fenómeno del derrateo de la ciudad de Arequipa tenemos lo siguiente:

$$Q_b = 1.30 \text{ KW} \times \frac{1}{0.87}$$

$$Q_b = 1.494 \text{ KW} \approx 1.5 \text{ KW}$$

$$1.494 \frac{\text{KJ}}{\text{s}} = \dot{m} \times (432 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} - 205 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}})$$

$$\dot{m} = 0.00658 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Calculando la potencia global del sistema tenemos el siguiente cálculo:

$$\dot{W} = \dot{m} \times (h_2 - h_1')$$

$$\dot{W} = 0.00658 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times (460 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} - 442 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}})$$

$$\dot{W} = 0.12 \text{ KW}$$

Tomando la información del anexo 15, convirtiendo a las unidades comerciales de HP tenemos lo siguiente:

$$\dot{W} = 0.12 \text{ KW} \times \frac{1.34 \text{ HP}}{1 \text{ KW}}$$

$$\dot{W} = 0.16 \text{ HP}$$

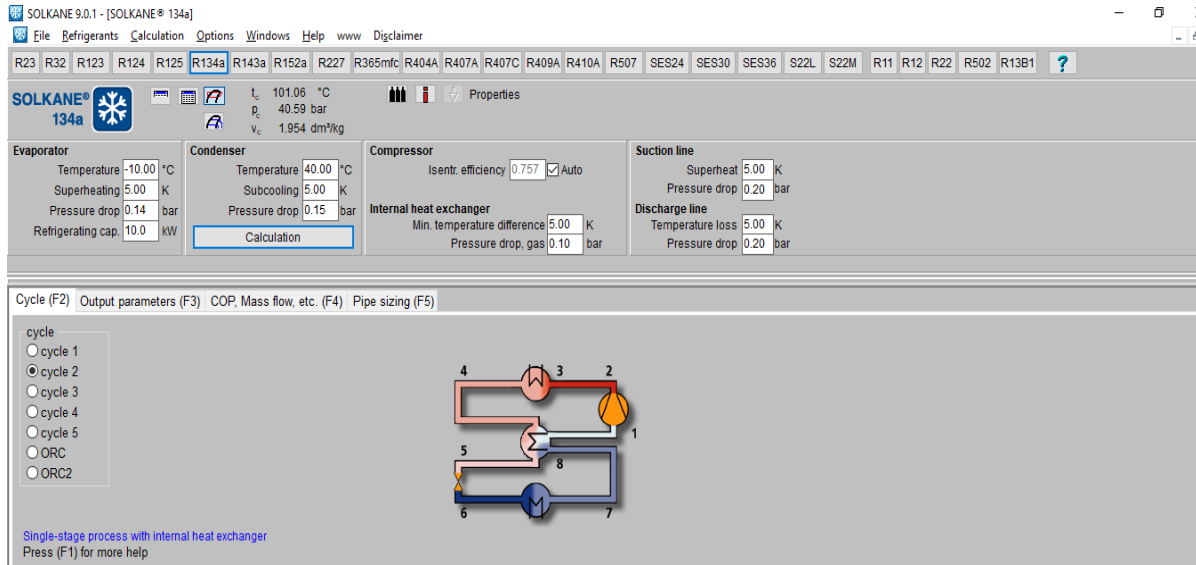
Para la selección comercial de equipos debemos tener en cuenta que la potencia mínima utilizada por cada compresor es de 1 hp, por lo que consideramos lo siguiente:

$$\dot{W} = 0.16 \text{ HP} \approx 1 \text{ HP}$$

4.5. Cálculo de la Potencia del Compresor con Software y su Selección

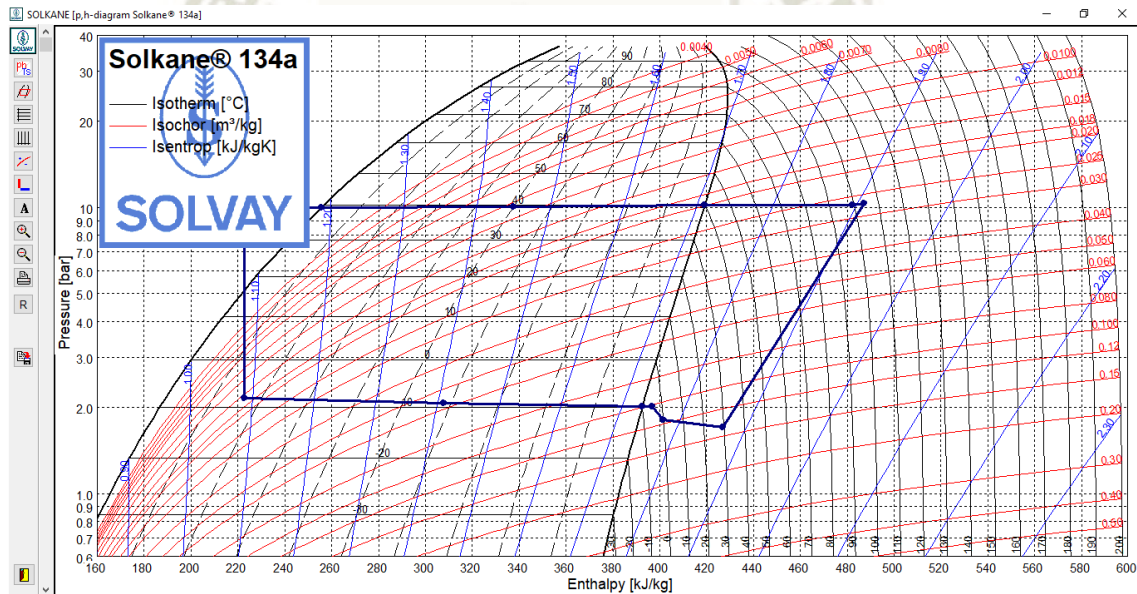
Empleando el Software Solkane 9.1, procedemos a ejecutar el cálculo de la potencia del compresor, tomaremos los valores de temperatura seleccionado en el cálculo manual a fin de verificar si es correcto lo hecho anteriormente.

Figura 30 Cálculo de la Potencia del Sistema de Refrigeración



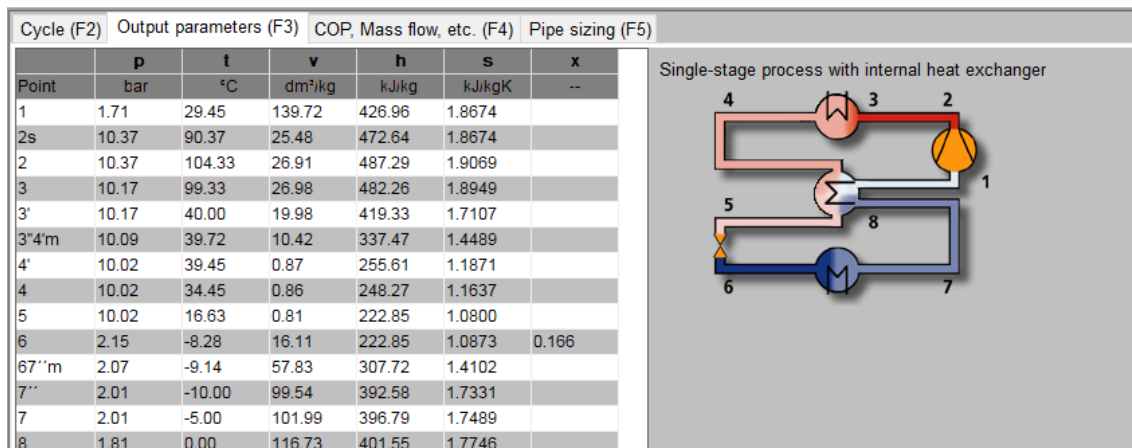
Fuente: Elaboración Propia

Figura 31 Diagrama en Software del Sistema de Refrigeración



Fuente: Elaboración Propia

Figura 32 Valores del cálculo por Software del Sistema de Refrigeración



Fuente: Elaboración Propia

Figura 33 Cálculo de la Potencia en Software del Sistema de Refrigeración

Power	Single-stage process with internal heat exchanger		LP	HP	complete
Evaporator	10.0 kW	Pressure ratio	5.07	1.00	5.07
Condenser	13.5 kW	Pressure difference	8.16	0.00	8.16 bar
Compressor LP	3.47 kW	Mass flow	57.49	57.49	g/s
Compressor HP	0.000 kW	Volume flow (Suction line)	28.92	206.97	m³/h
Internal heat exchanger	1.46 kW	Volum. capacity	1245		kJ/m³
Suction line	0.27 kW	COP	2.88		
Discharge line	0.29 kW				

Fuente: Elaboración Propia

4.6. Selección de Equipos

4.6.1. Selección del Rack de Frío

Considerando 3 unidades compresoras para que cada equipo trabaje un régimen de 8 horas y previendo fallas que puedan existir a futuro y paradas de planta por mantenimientos preventivo o correctivos elegimos el rack frío que se encuentra en el Anexo 16.

4.6.2. Selección de los Evaporadores

Para seleccionar los evaporadores que utilizaremos con el sistema de R-744 que trabajará directamente con las carnes, consideramos primero convertir su capacidad de refrigeración de Toneladas de Refrigeración a Kilowatts.

Para su selección, tomaremos el dato de calor generado por el sistema en la zona de almacenamiento de carnes previamente calculado:

$$Q_b = 1.30 \text{ KW}$$

Para las cámaras de almacenamiento de alimentos consideraremos la selección del evaporador detallado en el Anexo 23.

En cuanto a las vitrinas exhibidoras de alimentos, tomaremos otro modelo que es el mostrado a continuación para el área de carnes:

Figura 34 Vitrina para carnes



Fuente: Elaboración Propia

Para el área de lácteos tanto como frutas y verduras, consideraremos la mostrada línea abajo:

Figura 35 Vitrina para lácteos



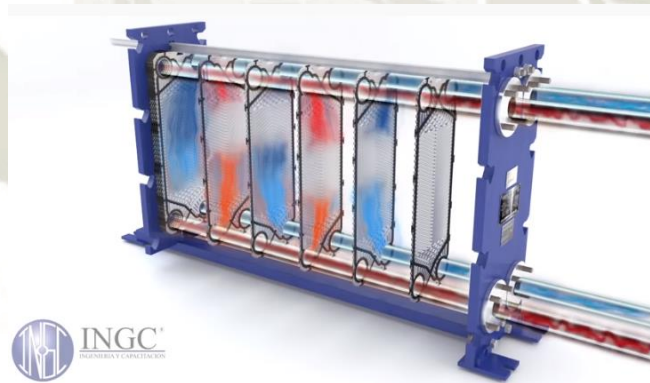
Fuente: Elaboración Propia

Para terminar, el área de pastelería requiere el siguiente anaquel para mostrar al público:

Figura 36 Vitrina para pasteles**Fuente: Elaboración Propia**

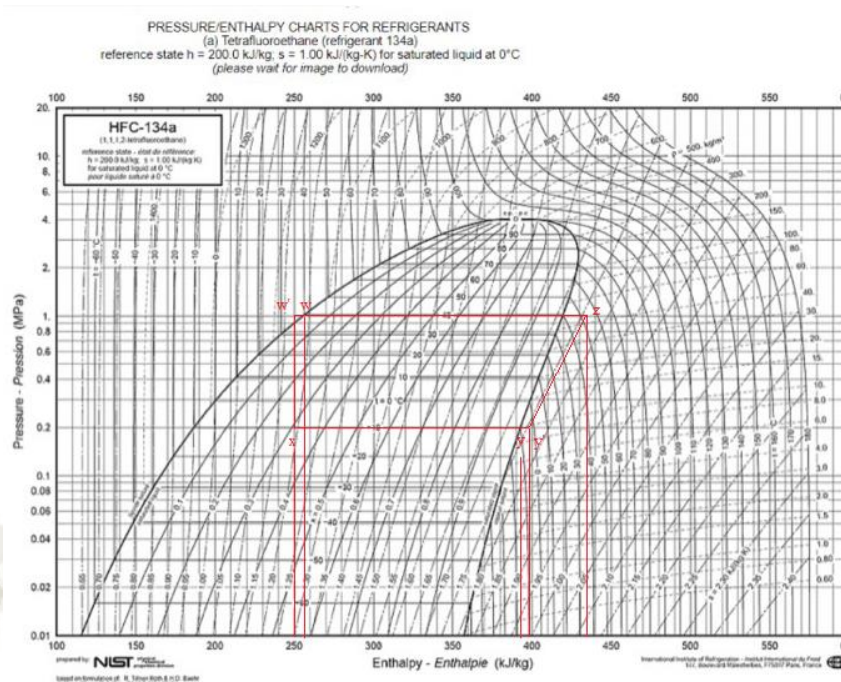
4.6.3. Selección del Intercambiador de Calor

Para seleccionar el intercambiador de calor debemos saber qué tipo de intercambiador de calor debemos usar para esta aplicación, pudiendo evaluar lo explicado por Çengel (2007, p. 612), afirmamos que el tipo de intercambiador de calor que usaremos será del tipo de flujo cruzado en el intercambiador de calor de placas.

Figura 37 Intercambiador de placas**Fuente: Elaboración Propia**

Es necesario hallar el caudal del sistema de refrigeración vinculado al refrigerante primario R-134a junto a las entalpías que determina el mismo, obteniendo los siguientes datos:

Figura 38 Diagrama P-H utilizando R-134a desarrollado en el cálculo



Fuente: Chegg, (2020)

Las entalpías conocidas del sistema son:

- $h_y = 392 \frac{KJ}{KG}$
- $h_{y'} = 398 \frac{KJ}{KG}$
- $h_z = 435 \frac{KJ}{KG}$
- $h_w = 257 \frac{KJ}{KG}$
- $h_{w'} = 251 \frac{KJ}{KG}$
- $h_x = 250 \frac{KJ}{KG}$

Empleando la ecuación de equivalencias de calor en el sistema de refrigeración primario del R-134a, tenemos lo siguiente:

$$|Q_g| = |Q_p|$$

$$\dot{m} x (h_{y'} - h_y) = \dot{m} x (h_w - h_{w'})$$

Anulando las masas máxicas, tenemos:

$$\left(398 \frac{KJ}{Kg} - 392 \frac{KJ}{Kg} \right) = \left(257 \frac{KJ}{Kg} - h_{w'} \right)$$

$$398 \frac{KJ}{Kg} - 392 \frac{KJ}{Kg} - 257 \frac{KJ}{Kg} = -hw'$$

$$hw' = 251 \frac{KJ}{Kg}$$

Ahora tomando la ecuación (4.8) procedemos a calcular el flujo másico del sistema.

En el sistema primario de refrigeración consideraremos todos los calores que existe en nuestro sistema de conversión de alimentos para tomarlo en cuenta al momento de la selección de nuestro intercambiador de calor de placas.

Cantidad de calor del sistema de almacenamiento de todo el sistema de conversión:

qt conservación

$$= qt \text{ lácteos} + qt \text{ frutas y verduras} \\ + qt \text{ fiambres} + qt \text{ pasteles} + q' \text{ carnes}$$

qt conservación

$$= 641,343.24 \frac{BTU}{\text{día}} + 329,047.12 \frac{BTU}{\text{día}} \\ + 443,098.32 \frac{BTU}{\text{día}} + 244,550.79 \frac{BTU}{\text{día}} \\ + 148,419.12 \frac{BTU}{\text{día}}$$

$$qt \text{ conservación} = 1,806,458.59 \frac{BTU}{\text{día}}$$

$$Qb' = 1,806,458.59 \frac{BTU}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ hrs}} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ segundos}}$$

$$Qb' = 20.9080 \frac{BTU}{\text{segundos}}$$

Para convertir estas unidades a KW, debemos considerar las conversiones de unidades que nos facilita el anexo 14, con ello tenemos lo siguiente:

$$1 \text{ BTU} = 1050 \text{ Joules}$$

Entonces,

$$Qb' = 20.9080 \frac{BTU}{\text{segundos}} \times \frac{1050 \text{ Joules}}{1 \text{ BTU}}$$

$$Qb' = 21,953.49 \frac{\text{Joules}}{\text{segundos}}$$

Cambiando su equivalente a Kilowatts es:

$$Qb' = 21.95 \text{ KW}$$

Retomando la ecuación 4.8 y adquiriendo la información del anexo 13 interpolando y extrapolando sus valores para el cálculo del fenómeno del derrateo de la ciudad de Arequipa tenemos lo siguiente:

$$Qb' = 21.95 \text{ KW} \times \frac{1}{0.87}$$

$$Qb' = 25.23 \text{ KW} \approx 26 \text{ KW}$$

$$25.23 \frac{\text{KJ}}{\text{s}} = \dot{m} \times (398 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} - 250 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}})$$

$$\dot{m} = 0.1705 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Considerando que el refrigerante R-134a se encuentra en estado líquido, y el refrigerante R-744 en estado gaseoso, procedemos a tomar los siguientes datos de la tabla del anexo 17 y 18 respectivamente por fluido.

Tomando en cuenta que el calor generado por el sistema del refrigerante R744 y el refrigerante R134a son el mismo, tenemos los valores del primero fluido enunciado para determinar la cantidad de placas que necesita nuestro intercambiador

Considerando que el refrigerante R134a se encuentra a 5°C tenemos los siguientes valores:

- Densidad de líquido ρ_l : $1343,25 \frac{\text{kg-m}}{\text{m}^3}$
- Densidad de vapor ρ_v : $8,33 \frac{\text{kg-m}}{\text{m}^3}$
- Calor específico C_{pl} : $1,305,86 \frac{\text{W}}{\text{kg-m} \cdot ^\circ\text{C}}$
- Conductividad térmica k_l : $27,65 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$
- Viscosidad dinámica μ_l : $0,3375 \frac{\text{kg-m}}{\text{m} \cdot \text{seg}}$
- Viscosidad cinemática ν_l : $0,0002513 \frac{\text{m}^2}{\text{seg}}$
- Variación de entalpía a 5°C h_{fg} : $195,79 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Considerando lo descrito por Çengel (2007, p. 583), refiere a que el coeficiente de transferencia de calor promedio para la película laminar sobre una placa plana vertical tiene como concepto la siguiente ecuación:

$$h_{vert} = 0,943 \left[\frac{g\rho_l(\rho_l - \rho_v)hfg*kl^3}{\mu l(T_{sat} - T_s)L} \right]^{1/4} \quad (4.9)$$

Donde:

h_{vert} : coeficiente de transferencia de calor promedio en placas planas verticales, (W/m². °C)

g : aceleración gravitacional, m/s²

ρ_l, ρ_v : densidades del líquido y del vapor, respectivamente, kg/m³

μ_l : viscosidad del líquido, $\frac{kg}{m.s}$

hfg *: calor latente modificado de vaporización, $\frac{J}{kg}$

k_l : conductividad térmica del líquido, (W/m. °C)

L : altura de la placa vertical, L

T_s : temperatura superficial de la placa, °C

T_{sat} : temperatura de saturación del fluido condensándose, °C

No obstante, la redacción realizada por Çengel (2007, p. 583), nos presentan la fórmula del calor latente modificado de vaporización que es el siguiente:

$$hfg * = hfg + 0.68Cpl(T_{sat} - T_s) \quad (4.10)$$

Del anexo 18, obtenemos el valor de la diferencia de entalpía a 5°C que es el siguiente:

$$hfg = 194,73 \frac{kJ}{kg}$$

Reemplazando los valores en la ecuación (4.10), tenemos el resultado detallado a continuación:

$$hfg * = 194,73 \frac{kJ}{kg} + 0.68(1,305.86 \frac{W}{kg - m. °C})(5°C - 0°C)$$

$$hfg * = 199,17 \frac{kJ}{kg}$$

Ahora, reemplazamos los valores encontrados en la ecuación (4.9), teniendo lo siguiente:

h_{vert}

$$= 0,943 \left[\frac{(9.81 \frac{m}{seg^2})(1343.25 \frac{kg}{m^3}) \left(1,343.25 \frac{kg}{m^3} - 8.33 \frac{kg}{m^3}\right) (199,169.92 \frac{kJ}{kg}) * (27.65 \frac{W}{m \cdot ^\circ C})^3}{(0.3375 \frac{kg \cdot m}{m \cdot seg})(5^\circ C - 0^\circ C)(0.38m)} \right]^{1/4}$$

$$h_{vert} = 17,390.55 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Del anexo 21, hemos pre seleccionado una altura para poder seleccionar un intercambiador de calor que es 0.38 metros.

Para confirmar que el coeficiente de transferencia de calor promedio en placas planas verticales es correcto, debemos hallar el Reynolds y este debe estar en el rango de $0 < Re < 30$.

Esta ecuación tiene muchas variantes, sin embargo, el texto del señor Çengel (2007, p. 583), añade una fórmula para poder determinar el Reynolds del flujo plano siendo el siguiente:

$$Re = \frac{4g}{3vl^2} \left(\frac{kl}{3.h_{vert}} \right)^3 \quad (4.11)$$

Reemplazando los valores que hemos conseguido, presentamos lo siguiente:

$$Re = \frac{4(9.81 \frac{m}{seg^2})}{3(0.0002513 \frac{m^2}{seg})^2} \left(\frac{27,65 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}}{3(17,390.55 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C})} \right)^3$$

$$Re = 1.97$$

Deducimos que es correcto porque el valor de Reynolds se encuentra dentro de los valores expuestos inicialmente.

$$0 < 1.97 < 30$$

Para determinar la cantidad de placas que nuestro intercambiado necesita, realizamos el siguiente cálculo:

$$Q = h_{ver} \cdot A (T_{sat} - T_s) \quad (4.12)$$

En donde:

Q: Calor del sistema en W

h_{vert} : coeficiente de transferencia de calor promedio en placas planas verticales, ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

A: área total de transferencia de calor m^2

T_s : temperatura superficial de la placa, $^\circ\text{C}$

T_{sat} : temperatura de saturación del fluido condensándose, $^\circ\text{C}$

Reemplazando los valores hallados del Anexo 21 en la ecuación (4.12) tenemos:

$$Q = h_{\text{ver}} \times A (T_{\text{sat}} - T_s)$$

$$25230 \text{ W} = 17,390.55 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \times (0.38\text{m})(0.14\text{m}) \times (\# \text{ placas})(5^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C})$$

$$\# \text{ placas} = 5.45 \approx 6$$

Nuestro intercambiador de calor tendrá seis placas, el modelo seleccionado será el intercambiador de placas T2-BFG.

Figura 39 Intercambiador de calor de placas T2-BFG



Fuente: Alfa Laval, (2015)

4.6.4. Selección de la Válvula Reductora de Presión

Seleccionando del Anexo 20 podemos deducir que con el siguiente repuesto podemos reducir de la presión de 40 bares hasta la presión de 10 bares que es la que deseamos para que el intercambiador de calor no sufra daños.

Figura 40 Válvula reductora de presión



Fuente: Elaboración Propia

4.6.5. Selección de Válvula de Estrangulación Termostática

Obteniendo la información del Anexo 22, seleccionaremos la válvula de expansión termostática Modelo E2V**BRB00 por presentar las medidas de conexiones roscadas necesarias.

Figura 41 Válvula estranguladora electrónica



Fuente: Grupo GSF, (2018)

CAPITULO V

5. Rentabilidad Económica

5.1. Costo de Implementación por el Proyecto

Para evaluar el costo de implementación promedio global por el proyecto, mostramos a continuación los costos promedios en el mercado nacional por los equipos, materiales y mano de obra a empleador en la instalación del sistema de refrigeración seleccionado.

Tabla 38 Costo de implementación por insumos y maquinaria para el proyecto del sistema de refrigeración empleando dióxido de carbono como fluido

Recursos	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total (inc. IGV)
Equipamiento				
Intercambiador de calor	unidad	1	S/ 2,800.00	S/ 2,800.00
Evaporador de techo	unidad	8	S/ 28,000.00	S/ 224,000.00
Válvulas de expansión electrónica	unidad	10	S/ 850.00	S/ 8,500.00
Compresores	unidad	6	S/ 21,000.00	S/ 126,000.00
Tanque de aceite	unidad	1	S/ 1,000.00	S/ 1,000.00
Aceite sintético	galón	5	S/ 180.00	S/ 900.00
Balón de refrigerante	unidad	2	S/ 180.00	S/ 360.00
Tubería	metro	50	S/ 240.00	S/ 12,000.00
Materiales de ferretería	unidad	100	-	S/ 1,500.00
			Total	S/ 377,060.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 39 Costo mano de obra para el proyecto del sistema de refrigeración empleando dióxido de carbono como fluido

Mano de obra	Unidad	Cantidad	Costo por día/hombre	Total por días de trabajo	Costo total
Prestaciones de servicios	unidad	4	S/.80.00	3	S/.1,670.00
Viáticos	unidad	7	S/.60.00	3	S/.1,260.00
				Total	S/.2,930.00

Total global S/.379,990.00

Fuente: Elaboración Propia

5.2. VAN

El VAN es el valor actual neto de un proyecto.

En primer lugar, de acuerdo a lo explicado por Rankia. (2020). mostramos la fórmula del VAN como la siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{k=1}^n \frac{FN_k}{(1+i)^k} \quad (5.1)$$

Donde:

FN: Flujo Neto

I₀: Inversión inicial

k: Número de periodos considerado

i: tasa de actualización

Cuando se realiza este cálculo se debe tener en cuenta que el proyecto es rentable siempre y cuando el VAN sea mayor que el valor neto de la inversión en el perdido de tiempo calculado para recuperar dicha rentabilidad.

5.3. TIR

El TIR es la tasa interna de retorno y junto con el VAN trabajan de manera muy amigable para determinar cuánto tiempo se tardará en recuperar la inversión inicial.

Se utiliza el promedio ponderado del costo de la deuda y del costo de oportunidad del capital que es del 12%.

La fórmula del TIR se determina por la siguiente:

Presentamos la fórmula del TIR que es:

$$TIR = \sum_{T=1}^n \frac{FN}{(1+i)^k} \quad (5.2)$$

Donde:

FN: Flujo Neto

k: Número de periodos considerado

i: tasa de actualización. (Rankia, 2020)

5.4. Cálculo del VAN y TIR del Proyecto

Para conseguir hallar tanto el VAR como el TIR del proyecto, es necesario conocer los equivalentes de ingresos efectivos promedios anuales de un supermercado considerando como ejemplo el emporio Supermercados Peruanos S.A. como ejemplo puesto que presenta ingresos similares al grupo Hipermercados Tottus S.A. en nuestro país.

Tomamos el histórico de efectivos equivalentes desde finales de año desde el 2016 de esta compañía hasta el año 2019 como valor conocido.

A ello efectuamos un cálculo promedio por los ingresos anuales solamente en Plaza Vea omitiendo los otros 5 supermercados que se encuentran dentro de la compañía de Supermercados Peruanos y finalmente dividiremos entre las 99 sucursales que existen en todo el Perú y llegaremos a tener un valor aproximado real para efectuar nuestro cálculo.

Para tener un cálculo más exacto del VAN y TIR tomaremos el valor de la depreciación de maquinarias según la siguiente imagen considerando la quinta opción a tomar en nuestro caso.

Tabla 40 Reglamento de la Ley del Impuesto a la Renta

Bienes	Porcentaje anual de depreciación hasta un máximo de
1. Ganado de trabajo y reproducción; redes de pesca.	25%
2. Vehículos de transporte terrestre (excepto ferrocarriles); hornos en general.	20%
3. Maquinaria y equipo utilizados por las actividades minera, petrolera y de construcción; excepto muebles, enseres y equipos de oficina.	20%
4. Equipos de procesamiento de datos.	25%
5. Maquinaria y equipo adquirido a partir del 01/01/1991.	10%
6. Otros bienes de activo fijo.	10%

Fuente: Elaboración Propia

5.4.1. Cálculo del VAN

Considerando los valores de Intetail (2018) e Inretail (2019) obtenemos los valores de los efectivos equivalentes al final desde el año 2016 al 2019 tomando como valor de ejemplo que el 40% de la facturación de Supermercados Peruanos S.A. proviene de Plaza Veá, sumado a la depreciación de la tabla 109 obtenemos lo siguiente:

Tabla 41 Cálculo de VAN

AÑO	FLUJO BENEFICIO S/.	FLUJO DE COSTO S/.	DEPRECIACIÓN S/.	FLUJO DE BENEFICIO NETO S/.
2015	0	379990	37706	-417696
2016	529,264.65	5000	71641.4	452623.25
2017	596,949.49	5000	102183.26	489766.23
2018	530,339.39	5000	129670.93	395668.46
2019	448,852.52	5000	154409.84	289442.68
2020	510,059.69	5000	176674.86	328384.83

Fuente: Elaboración Propia

El Van como resultado final se da de la fórmula (5.1), tomando los valores de la tabla 110 y obtenemos lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 VAN &= -37990 - 37706 + \left(\frac{452,623.25}{(1 + 0.12)^1}\right) + \left(\frac{489,766.23}{(1 + 0.12)^2}\right) \\
 &+ \left(\frac{395,668.46}{(1 + 0.12)^3}\right) + \left(\frac{289,442.68}{(1 + 0.12)^4}\right) + \left(\frac{328,384.83}{(1 + 0.12)^5}\right) \\
 VAN &= S/. 1,028,779.96 \text{ soles}
 \end{aligned}$$

5.4.2. Cálculo del TIR

Para hallar la TIR, indicamos que la VAN debe ser igual a cero y nuestra variable será la tasa interna de retorno (i) y esta debe ser mayor al valor de 12% para que el proyecto sea viable.

Procedemos a calcular la tasa para confirmar lo expuesto.

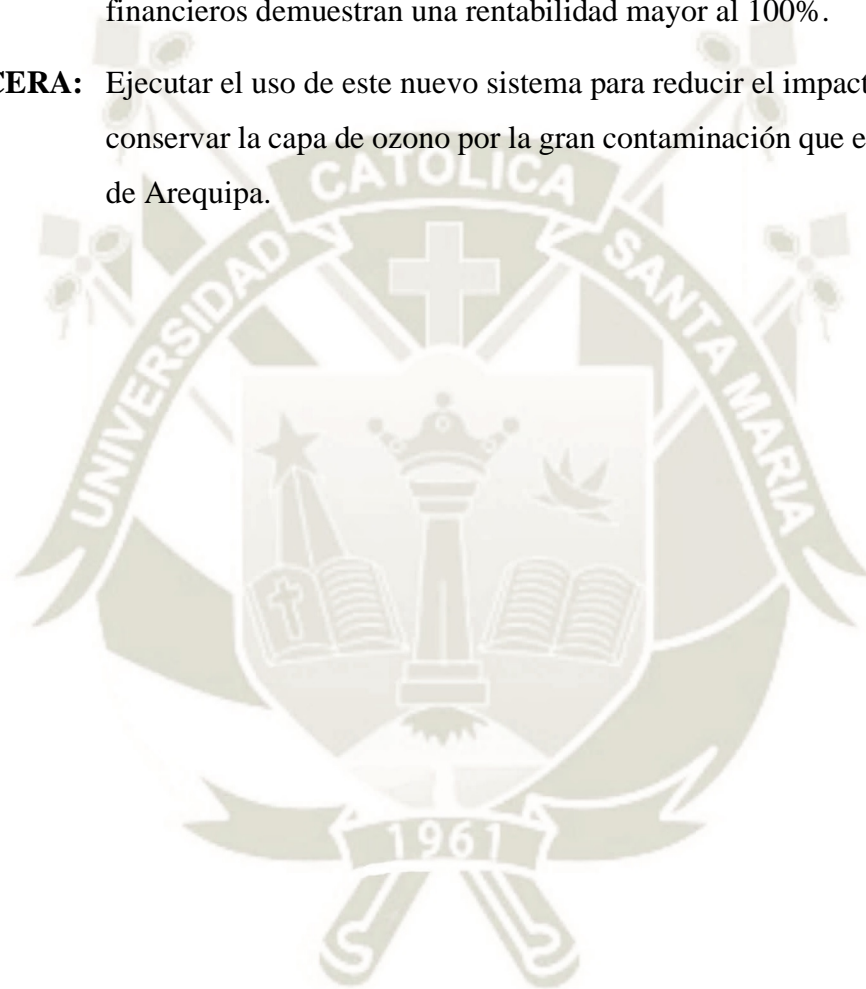
$$\begin{aligned}
 0 &= -37990 - 37706 + \left(\frac{452,623.25}{(1 + i)^1}\right) + \left(\frac{489,766.23}{(1 + i)^2}\right) + \left(\frac{395,668.46}{(1 + i)^3}\right) \\
 &+ \left(\frac{289,442.68}{(1 + i)^4}\right) + \left(\frac{328,384.83}{(1 + i)^5}\right) \\
 i &= 102.433\%
 \end{aligned}$$

CONCLUSIONES

- PRIMERA:** Como consecuencia de lo expuesto, con este nuevo diseño, se puede utilizar la arquitectura actual de la cámara de refrigeración del supermercado Tottus del Mall Plaza Cayma, Arequipa, para la implementación de equipos nuevos como el rack de frío de compresores de pistón en el modelo CompactCO₂OL de uso por la potencia de 1.5 Kw por cada compresor, intercambiador de calor Alfa Labal de 6 placas, tubería de 2 pulgadas en acero negro, reguladores de presión para soportar hasta 40 bares y estranguladores de presión.
- SEGUNDA:** De esta manera, demostramos la viabilidad del proyecto, invirtiendo el monto de S/ 379,990.00 soles en la planta del sistema de refrigeración y según la evaluación, el proyecto es viable con una TIR del 102,433%. Adicionalmente, en 3 años la inversión generada, retornará a la empresa.
- TERCERA:** Finalmente, los equipos seleccionados en el presente proyecto, son los adecuados para reducir el impacto en el medio ambiente, teniendo en cuenta que el GWP del refrigerante R-507 de Supermercados Metro es de 3,5 millones de kilos en un rango de 100 años, además el refrigerante R-22 de Supermercados Plaza Veá, genera 2 millones de kilos en el mismo rango de tiempo, dañando así el medio ambiente por su toxicidad. En cambio, con la presente investigación, este impacto negativo, podemos reducirlo a cero.

RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Implementar el presente proyecto en los supermercados de Arequipa, debido a que se puede adquirir actualmente el acondicionamiento para las cámaras del sistema de refrigeración.
- SEGUNDA:** Promover la inversión de este proyecto que presenta un retorno de capital luego de 3 años de funcionamiento y considerar que los indicadores financieros demuestran una rentabilidad mayor al 100%.
- TERCERA:** Ejecutar el uso de este nuevo sistema para reducir el impacto ambiental y así conservar la capa de ozono por la gran contaminación que existe en la ciudad de Arequipa.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abellolinde. (2019). *R744 (Dióxido de Carbono)*. Obtenido de https://www.abellolinde.es/es/products_and_supply/refrigerants/natural_refrigerant_s/r744_carbon_dioxide/index.html
- Aguiaringenieros. (2010). *El uso del CO₂ como refrigerante en centrales frigoríficas*. Obtenido de <http://www.aguiaringenieros.com/img/proyectos/QI9MJmJIGZdDcZ7o.pdf>
- Alcobre S.A. (2011). *Ficha Técnica Refrigerante R-507*. Obtenido de <https://stag.es/wp-content/pdf/fichas%20tecnicas%20refrigerantes/ficha%20tecnica%20r-507.pdf>
- Alfa Laval. (2015). *Intercambiadores de calor para HVAC e Industria*. Lund, Suecia.
- Alternatives, R. E. (2017). *Diseño de sistemas con Refrigerantes Alternativos*. Obtenido de https://www.realalternatives.eu/app/images/documents/Topica-2-Disenio_ES2017.pdf
- Anaya. (2016). *La Temperatura de los Alimentos*. Obtenido de <https://www.manipulador-de-alimentos.es/blog/temperatura-de-los-alimentos/>
- Ancap. (2015). *Ficha de Seguridad – Glicol*. (Única Edición. Portal Ancap. Montevideo, Uruguay) Obtenido de <https://www.ancap.com.uy/innovaportal/file/1667/1/fs-glicol.pdf>
- Arnabat. (2018). *Impacto de los refrigerantes en el medio ambiente: pasado, presente y futuro*. Obtenido de <https://www.caloryfrio.com/autor/idoia-arnabat-caloryfrio.html>
- Barajas, O. (2003). Breve historia de la Ingeniería Mecánica. *Ingenierías*, 6(17), 19.
- Barbosa, J., Gutiérrez, C., & Jiménez, J. (2015). *Termodinámica para Ingenieros*. Ciudad de México: Primera Edición.
- Basf. (2015). *Barrera de Vapor*. Obtenido de https://www.construmatica.com/archivos/29002/productos_y_sistemas/fichas_tecnicas/impermeabilizacion/laminas_de_impermeabilizacion/laminas_anti_humedad_o_barrera_de_vapor/barrera_de_vapor.pdf

- Bernad. (2019). *¿Qué es la refrigeración con glicol?* Obtenido de <https://www.josebernad.com/que-es-la-refrigeracion-con-glicol/>
- Bhattacharjee, S. (2016). *Termodinámica*. Ciudad de México: Primera Edición, Pearson Education.
- Boles, M. Ç. (2011). *Termodinámica*. México D.F., México: Séptima Edición. McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Cabello, J; Albert, A. (2010). *El uso del CO₂ como Refrigerante en Centrales Frigoríficas*. Obtenido de <http://www.aguiaringenieros.com/img/proyectos/QI9MJmJIGZdDcZ7o.pdf>
- Castillo, R. (2013). *Manual de Construcción*. Obtenido de <https://www.unacem.com.pe/wp-content/uploads/2014/12/MCons.pdf>
- Çengel, Y. (2007). *Transferencia de Calor y Masa*. México D.F., México: Tercera Edición. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.
- Céspedes Urrutia, R. (2012). *Sistema de refrigeración con capacidad de bodega para almacenar 300 Kg de pescado*. Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú.
- Chegg. (2020). *Question: Problem 3 A Food Storage Locker Uses As Refrigerant R134a*.
- Corporación Aceros Arequipa S.A. (2015). *Manual del Maestro Constructor*. Obtenido de <http://www.acerosarequipa.com/manual-del-maestro-constructor/materiales-de-construccion/ladrillos.html>
- Domínguez, M. García, C. Arias, J. (2010). *Recomendaciones para la Conservación y Transporte de Alimentos Perecedero*. Madrid, España: 5 – 6.
- Euzébio. (2019). *Diagrama pH Características e aplicação*. Bitzer Brasil: Engenharia de Aplicação.
- Extinfrisa. (2015). *Tabla de Saturación R-507*. Obtenido de https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrcoruna/aulavirtual2/pluginfile.php/6930/mod_resource/content/0/materiais/saturacion_R-507.pdf
- Faires, V. (2017). *Termodinámica*. Ciudad de México: Única Edición. Editorial Limusa.

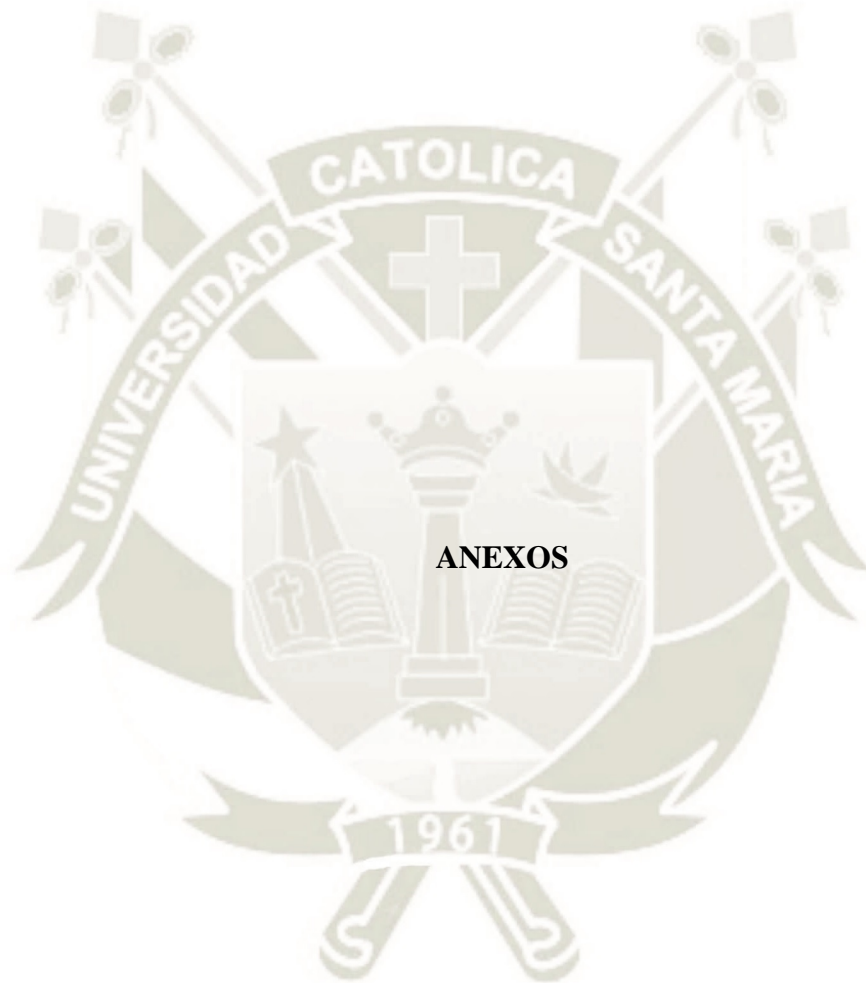
- Flores Rodríguez. (2020). *Fallas más comunes de un sistema de refrigeración y cómo solucionarlo*. Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/2017/07/fallas-mas-comunes-de-su-sistema-de-refrigeracion-y-su-solucion-en-campo/>
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). (2020). *Medio ambiente*. Obtenido de <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/vacunas-salud-mental-cerrar-brecha-digital-oportunidades-ninos-despues-pandemia>
- Fordel, P. (2011). *Manual de Aire Comprimido*. omsesteenweg, Bélgica: Séptima Edición. Atlas Copco Airpower NV.
- Gas-Servei. (2020). *Ficha de Datos de Seguridad R507*. (Única Edición. Portal Gas-Servei. Barcelona, España) Obtenido de <http://www.gas-servei.com/images/Ficha-seguridad-R507.pdf>
- Globalecuador. (2018). *Refrigerante R507*. Obtenido de <http://www.globalecuador.com.ec/producto/refrigerante-r507/>
- Google Maps. (2021). *Ubicación del Mall Plaza Cayma*. Obtenido de <https://www.google.com.pe/maps/place/Mall+plaza+Cayma/@-16.3907624,-71.5490189,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91424a42445594cf:0x700d7e1f81f58b19!8m2!3d-16.3907624!4d-71.5468302?hl=es-419>
- Gordillo Andía. (2015). *Refrigeración*. Arequipa, Perú.
- Grupo GSF. (2018). *Válvulas de expansión*. Madrid, España.
- Guasch. (2017). *Características del líquido de refrigeración*. Obtenido de http://www.e-guasch.com/onlinedocs/catalogue/appnotes/AN090903_c.pdf
- Guío Gutiérrez, F. (2011). Conceptos y clasificación de las capacidades físicas. *Artículos*, 123.
- Hernández, G., & Mendoza, J. (2017). *Fundamentos y planeación de la manufactura automatizada*. Naucalpan de Juárez, México: Primera Edición. Pearson Education.
- Herrera. (2006). *Diseño de sistema de refrigeración mecánica en pesquero artesanal*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Huanca, E. (2016). *Diseño de un sistema de aire acondicionado para un restaurante ubicado en la ciudad de .* Lima: Universidad Nacional Mayor De San Marcos.

- Juárez, M., & Morales, P. (2015). *Termodinámica Técnica*. Madrid, España: Primera Edición. Ediciones Paraninfo.
- Kimikal. (2016). *R-744 (CO₂)*. (París, Francia) Obtenido de <http://www.gazechim-froid.fr/site/wp-content/uploads/2016/04/tabla-termodinamica-r744.pdf>
- Louis. (2020). *Cómo funciona un evaporador*. Obtenido de <https://refrigeracionner.com/condensadores/>
- Luis. (2020). *Cómo funciona un evaporador*. Obtenido de <https://como-funciona.co/un-evaporador/>
- Lynn, R. (2017). *Qué es el refrigerante R22*. Obtenido de <https://www.puomotores.com/13160786/que-es-el-refrigerante-r22>
- Maraver. (2016). *Diagrama de Mollier*. Obtenido de <https://tuaireacondicionado.net/diagrama-de-mollier/>
- Marín Guarín, A. F., & Montoya Correa, S. (2015). *Diseño y construcción de un equipo didáctico de acondicionamiento de aire tipo "Mini Split", para el laboratorio de refrigeración de la Universidad Pontificia Bolivariana*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Ministerio de Vivienda. (2020). *Modificación de la norma técnica a 070 comercio*. Obtenido de http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/NORMA_A.070_COMERCIO.pdf
- Montoya, J. (2010). *Viabilidad técnica y económica para la utilización del gas natural en la industria incorporando el mecanismo de desarrollo limpio (mdl)*. San Salvador: Universidad De El Salvador.
- Morales. (2020). *Manejo de tablas de propiedades termodinámicas*. Obtenido de https://www.academia.edu/36114078/PROBLEMAS_RESUELTOS_Y_PROPUES_TOS_DE
- Mundohacvr. (2010). *Sistema en Cascada y sus Aplicaciones*. Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/2010/12/sistema-en-cascada-y-sus-aplicaciones/>

- Otterabach, D. (2014). *Energía y Calentamiento Global ¿Cómo asegurar la supervivencia de la humanidad?* Ciudad de México, México: Primera Edición. Grupo Editorial Patria.
- Paviconj. (2015). *¿Cómo determinar el espesor de la losa de hormigón?* Obtenido de <https://www.paviconj-es.es/noticias/espesor-losa-hormigon/>
- Plusfroid. (2015). *Ficha Técnica R22*. Obtenido de <https://plusfroid.pt/wp-content/uploads/2015/04/R22.pdf>
- Ramos Gómez, G. (2013). *Diseño de un congelador continuo individual IQF con una capacidad de 200 Kg/hr de espárragos*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Rankia. (2020). *Tasa Interna de Retorno (TIR): definición, cálculo y ejemplos*. Obtenido de <https://www.rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3391122-tasa-interna-retorno-tir-definicion-calculo-ejemplos>
- Rodríguez, J., Pierdant, A., & C, R. (2018). *Matemáticas Aplicadas a los Negocios*. Ciudad de México, México: Primera Edición. Grupo Editorial Patria.
- Sanguinetti, E. (2015). *CO₂ subcrítico y transcrito*. Obtenido de <https://www.acrlatinoamerica.com/201906128825/articulos/refrigeracion-comercial-e-industrial/co2-subcritico-y-transcritico.html>
- Sans. (2020). *Ingeniería ambiental: contaminación y tratamientos*. Pearson.
- Sepúlveda, F. (2015). *Diseño del sistema de enfriamiento de partes hidráulicas y mecánicas de un circuito de molienda*. Valparaíso: Pontificia Universidad Católica De Valparaíso.
- Trevisa. (2012). *Ficha Técnica de tubería galvanizada*. Obtenido de <http://www.trevisa.com.mx/100+pdf/PDF2Aceroal%20carbon/Tuberia%20Galvanizada.pdf>
- Velasco, C., A, M., & Gómez, T. (2011). *Termodinámica Técnica II: Termodinámica aplicada a instalaciones térmicas*. Zaragoza, España: Primera Edición. Editorial Prensas Universitarias de Zaragoza.

Zurita, O. (2009). *Guía de árboles y otras Plantas Nativas*. Monterrey, México: Fondo Editorial de Nuevo León.





Anexo 1

Recomendaciones para la Conservación y Transporte de Alimentos Perecederos

PRODUCTO	REFRIGERACIÓN	HUMEDAD	DURACIÓN	CONGELADO	DURACIÓN
	TEMPERATURA	RELATIVA	CONSERVACIÓN	TEMPERATURA	CONSERVACIÓN
	°C	%	días	°C	días
Vaca	0 a -1.5	90	10 a 28	-18 a -20	365
Tenera	-1	90	7 a 21	-18 a -20	300
Cordero	-1	90 - 95	7 a 14	-18 a -20	270
Cerdo	0 a -1.5	90 - 95	7 a 14	-18 a -20	160
tocino	-3 a -1	80 - 90	30	-18 a -20	90
sebo	-1 a 0	80 - 95	90 a 150	-18 a -20	-
manteca	-1 a 0	80 - 95	120 a 240	-18 a -20	270
despojo	-1 a 0	85 - 90	7	-18 a -20	-
Aves	0 a 2	85 - 90	-	-18 a -20	-
Huevos	0 a 1	85 - 90	160 a 190	-	-
Leche	-	-	-	-	-
normal	0 a 4	60 - 70	7 a 14	-	-
yogurt	2 a 5	60 - 70	7 a 14	-	-
esterilizada	0 a 22	-	-	-	-
en polvo	0 a 24	60 - 70	7 a 14	-	-
evaporada	5	-	-	-	-
nata	0 a 2	-	2 a 3	-	-
Mantequilla	4 a 6	-	14 a 21	-18 a -20	240

Fuente: Domínguez, M. García, C. Arias, J, (2010)

Anexo 2
Factores de Ganancia por Paredes

ESPEJOR DE CORCHO (pulg)	(Te - Ti) °F																
	1	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	115	120
3	2,40	96	108	120	132	144	156	168	180	192	204	216	228	252	264	276	288
4	1,80	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	180	189	198	207	216
5	1,44	58	65	72	79	87	94	101	108	115	122	130	144	144	153	166	179
6	1,20	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	120	120	132	133	134
7	1,03	41	46	52	57	62	67	72	77	82	88	93	103	103	113	118	123
8	0,90	36	41	45	50	54	58	63	68	72	77	81	90	90	99	104	109
9	0,80	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	80	80	88	92	96
10	0,72	29	32	36	40	43	47	50	54	58	61	65	72	72	79	82	85
11	0,66	26	30	33	36	40	43	46	50	53	56	60	66	66	73	78	83
12	0,60	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	60	60	66	69	72
13	0,55	22	25	28	30	33	36	39	41	44	47	50	55	55	61	64	67
14	0,51	20	23	26	28	31	33	36	38	41	43	46	51	51	56	58	60
15	0,48	19	22	24	26	29	31	34	36	38	41	43	48	48	51	56	58

Fuente: Gordillo Andía, (2015).

Anexo 3

Cambios de Aire para Temperaturas Mayores de 32°F

v/pie	cambios/pie
200	44.0
250	38.0
300	29.5
400	26.0
500	23.0
600	20.0
800	17.5
1000	14.0
1500	12.0
2000	9.5
3000	8.2
4000	7.2
6000	6.5
8000	5.5
10000	4.9
15000	3.9
20000	3.5
25000	3.0
30000	2.7
40000	2.3
50000	2.0
75000	1.6
100000	1.4

Fuente: Gordillo Andía, (2015).

Anexo 4

Cambios de Aire para Temperaturas Menores de 20°F

v/pie	cambios/pie
200	33.5
250	29.0
300	26.2
400	22.5
500	20.0
600	18.0
800	15.3
1000	13.5
1500	11.0
2000	9.3
3000	7.4
4000	6.3
6000	5.8
8000	5.0
10000	4.3
15000	3.8
20000	3.0
25000	2.8
30000	2.3
40000	2.1
50000	1.8
75000	-
100000	-

Fuente: Gordillo Andía, (2015).

Anexo 5

Calor Introducido a la Cámara (BTU/PIE)

TEMP CÁMARA °F	Te (°F)							
	85		90		95		100	
	HUMEDAD RELATIVA							
	50	60	50	60	50	60	50	60
65	0.35	0.85	0.90	1.17	1.24	1.54	2.58	1.95
60	0.85	1.03	1.13	1.37	1.44	1.74	1.78	2.15
55	1.12	1.34	1.41	1.66	1.72	2.01	2.06	2.44
50	1.32	1.54	1.62	1.87	1.93	2.22	2.28	2.65
45	1.50	1.73	1.80	2.06	2.12	2.42	2.47	2.83
40	1.69	1.92	2.00	2.26	2.31	2.62	2.67	3.05
35	1.86	2.09	2.17	2.43	2.49	2.70	2.85	3.24
30	2.00	2.24	2.25	2.51	2.64	2.94	2.95	3.35

TEMP CÁMARA °F	Te (°F)							
	40		50		90		100	
	HUMEDAD RELATIVA							
	70	80	70	80	50	60	50	60
30	0.24	0.29	0.58	0.66	2.26	2.53	2.95	3.35
25	0.41	0.45	0.75	0.83	2.44	2.71	3.14	3.54
20	0.56	0.61	0.91	0.99	2.62	2.90	3.33	3.73
15	0.71	0.75	1.06	1.14	2.80	3.07	3.51	3.92
10	0.85	0.89	1.19	1.27	2.93	3.20	3.64	4.04
5	0.98	1.03	1.34	1.42	3.12	3.40	3.84	4.17
0	1.12	1.17	1.48	1.56	3.28	3.56	4.01	4.40
-5	1.23	1.28	1.59	1.67	3.41	3.69	4.15	4.57
-10	1.35	1.41	1.73	1.81	3.56	3.85	4.31	4.74
-15	1.50	1.53	1.85	1.92	3.67	3.96	4.42	4.86
-20	1.63	1.68	2.01	2.09	3.888	4.18	4.66	5.10
-25	1.77	1.80	2.12	2.21	4.00	4.30	4.78	5.21
-30	1.90	1.95	2.29	2.38	4.21	4.51	4.90	5.14

Fuente: Gordillo Andía, (2015).

Anexo 6

Tiempo de Enfriamiento y Factores de Ritmo de Enfriamiento

PRODUCTO	Te (hrs)	f
Manzanas	24	0.67
Plátanos	12	0.10
Fresas	24	0.67
Dátiles	24	1.00
Uvas	20	0.80
Toronjas	22	0.70
Limones	22	1.00
Limas	20	0.90
Naranjas	22	0.70
Duraznos	24	0.62
Peras	24	0.80
Piñas	3	0.67
Ciruelas	20	0.67
Membrillos	24	0.67

PRODUCTO	Te (hrs)	f
Espárragos	24	0.90
Frijoles	24	1.0
Col	24	0.8
Zanahoria	24	0.8
Coliflor	24	0.8
Apio	24	1.0
Lechuga	24	1.0
Sandía	24	0.9
Cebolla	24	0.8
Papas	24	1.0
Camote	24	1.0
Habas	24	0.8
Tocino	24	1.0

PRODUCTO	Te (hrs)	f
Res	18	0.57
Pescado	24	1.00
Jamón	8	1.00
Cerdo	18	0.87
Camero	5	0.75
Vísceras	18	0.70
Conchas	24	1.00
Pollo	5	1.00
Salchichas	2	1.00
Tenera	8	0.75
Huevos	10	0.85
Helados	8	0.75
Leche	10	0.85

Fuente: Gordillo Andía, (2015).

Anexo 7

Diversos Datos para algunos Productos

PRODUCTO	Calor Específico (BTU/Lb-f)		Calor Latente (BTU/lb)	Punto de Fusión (°F)	Calor de Respiración (BTU/Lb.día)
	Ca	Cd			
Apio	0.85	0.48	135	29.7	2.27
Aves Pollo	0.79	0.37	106	27	-
Cebolla	0.91	0.46	124	30.1	0.5
Cerdo	0.68	0.38	86.5	28	-
Cerezas	0.87	0.45	120	28	1.32
Ciruelas	0.88	0.45	123	28	-
Coliflor	0.93	0.47	132	30.1	-
Cordero	0.67	0.30	83.5	29	-
Dátiles	0.36	0.26	29	4.1	-
Duraznos	0.90	0.46	124	29.4	0.87
Espárragos	0.94	0.48	134	29.1	5.75
Fresa	0.92	0.47	129	29.9	3.3
Huevos	0.76	0.40	100	27	-
Limonas	0.92	0.46	127	28.1	0.41
Manzanas	0.86	0.45	121	28.4	0.72
Mariscos	0.83	0.44	116	27	-
Membrillos	0.88	0.45	122	28.1	-
Naranjas	0.90	0.46	124	28	0.7
Papas	0.82	0.43	11	28.9	0.72
Peras	0.86	0.45	116	28.5	0.60
Pescado	0.76	0.41	101	30	-
Piña	0.88	0.45	122	29.4	-
Plátanos	0.80	0.42	108	28	4.18
Res, flaca	0.60	0.35	79	28	-
Res, Gorda	0.77	0.40	100	29	-
Embutido	0.89	0.56	93	26	-
Ternera	0.71	0.39	91	29	-
Tocino	0.50	0.30	29	25	-
Tomate	0.95	0.48	134	30.4	0.63
Uvas	0.88	0.44	116	26.3	0.42
Zanahoria	0.86	0.45	126	29.6	1.73
Sandías	0.94	0.48	132	29	1.74

Fuente: Gordillo Andía, (2015).

Anexo 8

Condiciones de Almacenaje y Duración de Productos Refrigerados

PRODUCTO	Temperatura (°F)	Humedad Relativa (%)	Tiempo Aproximado
Albaricoques	30 - 32	90	2 - 4 semanas
Cerezas	30 - 32	85 - 90	1 - 4 semanas
Ciruelas	30 - 34	85 - 90	2 - 8 semanas
Cocos	32	80 - 85	1 - 2 meses
Duraznos	30 - 35	85 - 90	1 - 4 semanas
Fresas	32	85 - 90	1 - 5 días
Granadas	34 - 36	90	2 - 4 meses
Mandarinas	10 - 45	85 - 90	3 - 6 semanas
Mangos	50	90	2 - 5 semanas
Manzanas	30 - 38	90	3 - 4 meses
Membrillos	40 - 50	90	2 - 4 semanas
Naranjas	32 - 42	85 - 90	1 - 4 meses
Papayas	50	90	2 - 3 semanas
Peras	30 - 34	90	3 - 4 meses
Piñas	50	90	2 - 4 semanas
Plátanos	55 - 60	90	5 - 15 días
Sandías	35 - 40	85 - 90	1 - 4 semanas
Uvas	30 - 32	85 - 90	1 - 4 meses
Apio	32 - 34	90 - 95	1 - 2 meses
Cebollas	26 - 32	70 - 75	6 meses
Coliflor	32	85 - 90	2 - 3 semanas
Espárragos	33	85 - 90	2 - 4 semanas
Papas	35 - 40	85 - 90	2 - 6 meses
Tomate	32	85 - 90	1 - 4 semanas
Zanahorias	30 - 34	90 - 95	2 - 4 meses
Cerdo	29 - 32	85 - 90	1 - 2 semanas
Conejos	30 - 32	90 - 95	2 - 5 días
Pollos	32 - 34	85 - 90	7 - 10 días
Res	30 - 34	85 - 90	4 - 5 semanas
Salchichas	34 - 40	80 - 85	6 meses
Terneritas	30 - 32	90	1 - 3 semanas
Tocino	26 - 30	80 - 90	1 mes
Huevos	30 - 32	85 - 90	6 - 7 meses
Mariscos	30 - 32	80 - 90	2 - 4 semanas
Pescado	25 - 30	85 - 90	10 - 15 días

Fuente: Gordillo Andía, (2015).

Anexo 9

Diversos Datos de Algunos Productos Alimenticios

PRODUCTO	TEMP. DE CONGEL. RÁPIDO °F	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO		HR (%)	CALOR ESPECÍFICO BTU/lb - °F		CALOR LATENTE BTU/lb	PUNTO DE CONGEL. °F	CALOR DE RESPIR. BTU/lb
		°F LARGO TIEMPO	°F LARGO CORTO		Ca	Cd			
Manzana	-15	30 - 32	38 - 42	85 - 88	0.86	0.45	121	28.4	0.72
Espárragos	-30	32	40	85 - 90	0.94	0.48	134	29.8	5.72
Tocinos		0 - 5	36 - 40	80	0.50	0.30	29	25.0	-
Res. Flaca	-15	30 - 32	38 - 42	84	0.60	0.35	79	28.4	-
Res. Gorda	-15	32 - 32	38 - 42	85	0.77	0.40	100	29	-
Mantequilla	15	40 - 45	40 - 45	-	0.64	0.34	15	30	-
Coliflor		32	40 - 45	85 - 90	0.93	0.47	132	30.1	0.90
Apio		31 - 32	45 - 50	90 - 95	0.95	0.48	135	29.7	2.27
Cerezas		31 - 32	40	80 - 85	0.87	0.45	120	26.0	1.32
Huevos	-10	30 - 31	38 - 45	-	0.76	0.40	100	27.0	-
Pescado	-15	25	25 - 30	-	0.76	0.41	101	30	-
Toronja		32	40 - 45	85 - 90	0.94	0.46	126	28.4	0.54
Uvas		30 - 32	35 - 40	80 - 85	0.88	0.44	116	26.3	0.42
Jamón		28	36 - 40	80	0.68	0.38	86.7	27.0	-
Helados	-20	-	0 - 10	-	0.78	0.45	96	27.0	-
Cordero		32 - 34	34 - 42	82	0.67	0.30	83.5	29.0	-
Limón		32	55 - 58	80 - 85	0.92	0.46	127	28.1	0.41
Lechuga		32	45	90 - 95	0.96	0.48	136	31.2	3.69
Leche		34 - 36	40 - 45	-	0.93	0.45	124	31.0	-
Cebolla		32	50 - 60	70 - 75	0.91	0.46	124	30.1	0.5
Naranja		32 - 34	50	85 - 90	0.90	0.46	124	28.0	0.7
Durazno		31 - 32	50	85 - 90	0.90	0.46	124	29.4	0.87
Peras		29 - 31	40	85 - 90	0.86	0.45	118	28.5	0.6
Piñas		40 - 45	50	85 - 90	0.88	0.45	122	29.4	-
Cerdo		30	36 - 40	85	0.68	0.38	86.5	28	-
Papas	-30	36 - 50	45 - 60	85 - 90	0.82	0.43	111	28.8	0.72
Aves, pollo	-10	28 - 30	29 - 32	-	0.79	0.37	106	27	-
Embutidos		31 - 36	36 - 40	80	0.89	0.56	93	26	-
Espinacas		32	45 - 50	80	0.94	0.48	132	30.3	-
Fresas	-15	31 - 32	42 - 45	80 - 85	0.92	0.47	129	29.9	3.30
Tomates		40 - 50	55 - 70	85 - 90	0.95	0.48	134	30.4	0.63
Ternera	-15	20 - 30	36 - 40	-	0.71	0.39	91	29	-

Fuente: Gordillo Andía, (2015).

Anexo 10 Condiciones de Almacenaje y Duración de Productos Congelados

PRODUCTO	Temperatura (°F)	Humedad Relativa (%)	Tiempo Aproximado
Cerdo	-10 a 0	95 -100	4 - 6 meses
Conejos	-10 a 0	95 -100	3 - 6 meses
Cordero	-4 a 10	95 -100	6 - 10 meses
Pollos	0 a 10	95 -100	3 - 6 meses
Red	0	95 -100	5 - 8 meses
Ternera	5	95 -100	8 - 12 meses
Tocino	-10 a 0	95 -100	4 - 6 meses
Huevos	0 a 5	-	6 - 10 meses
Marisco	-15 a 0	95 -100	4 - 6 meses
Pescado	-15 a 0	95 -100	4 - 8 meses

Fuente: Gordillo Andía, (2015).

Anexo 11 Calor Liberado por Personas

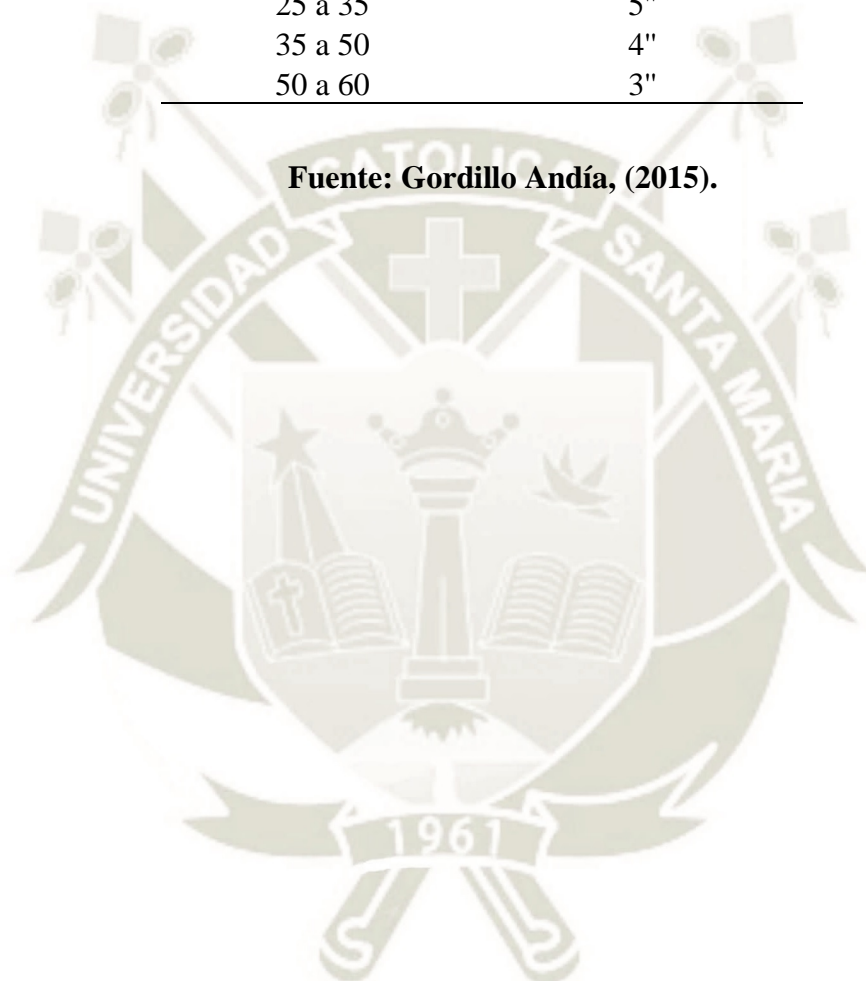
Temperatura de Cámara (°F)	Calor Liberado
50	720
40	840
30	950
20	1050
10	1200
0	1300
-10	1400
-20	1530
-30	1640

Fuente: Gordillo Andía, (2015).

Anexo 12 Espesor del Corcho

Temperatura de Cámara (°F)	Espesor del Corcho Requerido
-45 a -15	10"
-15 a 0	8"
0 a 15	7"
15 a 25	6"
25 a 35	5"
35 a 50	4"
50 a 60	3"

Fuente: Gordillo Andía, (2015).



Anexo 13

Derrateo por Altura en equipos eléctricos

9.1.2 Reducción del régimen de potencia en motores turboalimentados con refrigeración con carga de aire

Altitud sobre el nivel del mar	Presión barométrica	Temperatura (°C)											
		-10	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
m	kPa												
0	101,3	1,28	1,22	1,19	1,16	1,13	1,11	1,08	1,06	1,04	1,01	0,99	0,97
100	100,1	1,27	1,21	1,18	1,15	1,12	1,10	1,07	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96
200	99,5	1,26	1,20	1,17	1,14	1,12	1,09	1,07	1,04	1,02	1,00	0,98	0,96
300	98,7	1,25	1,19	1,16	1,14	1,11	1,09	1,06	1,04	1,02	0,99	0,97	0,95
400	96,7	1,23	1,17	1,15	1,12	1,09	1,07	1,04	1,02	1,00	0,98	0,96	0,94
500	95,5	1,22	1,16	1,13	1,11	1,08	1,06	1,03	1,01	0,99	0,97	0,95	0,93
600	94,4	1,21	1,15	1,12	1,10	1,07	1,05	1,02	1,00	0,98	0,96	0,94	0,92
700	93,2	1,20	1,14	1,11	1,09	1,06	1,04	1,01	0,99	0,97	0,95	0,93	0,91
800	92,1	1,19	1,13	1,10	1,08	1,05	1,03	1,01	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90
900	90,9	1,18	1,12	1,09	1,07	1,04	1,02	0,99	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89
1000	89,9	1,17	1,11	1,08	1,06	1,03	1,01	0,99	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88
1100	88,8	1,15	1,10	1,07	1,05	1,02	1,00	0,98	0,96	0,93	0,91	0,89	0,88
1200	87,7	1,14	1,09	1,06	1,04	1,01	0,99	0,97	0,95	0,92	0,90	0,89	0,87
1300	86,7	1,13	1,08	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88	0,86
1400	85,6	1,12	1,07	1,04	1,02	0,99	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85
1500	84,5	1,11	1,06	1,03	1,01	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84
1600	83,5	1,10	1,05	1,02	1,00	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83
1700	82,4	1,09	1,04	1,01	0,99	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
1800	81,5	1,08	1,03	1,00	0,98	0,96	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83	0,82
1900	80,5	1,07	1,02	0,99	0,97	0,95	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84	0,83	0,81
2000	79,5	1,06	1,01	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89	0,87	0,86	0,84	0,82	0,80
2200	77,6	1,04	0,99	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80	0,79
2400	75,6	1,02	0,97	0,95	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80	0,79	0,77
2600	73,7	1,00	0,95	0,93	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80	0,79	0,77	0,75
2800	71,9	0,98	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83	0,81	0,79	0,77	0,75	0,74
3000	70,1	0,96	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83	0,81	0,79	0,77	0,76	0,74	0,72



- 94 -

Fuente: Manual de aire comprimido de Atlas Copco

Anexo 14

Similitud de unidades de Potencia de Watt a BTU

Common Power Units

1 watt	=	3.412 Btu/hr
1 Watt/s	=	1 Joule
1 Btu/s	=	1.055 Watts
1 Cal/s	=	4.19 Watts
1 Ft-lb./s	=	1.36 Watts
1 Btu	=	1050 Joules
1 Joule	=	0.2389 Cal
1 Cal	=	4.186 Joules

Fuente: Portal hothotradiators. (2020). Watts to BTU Conversion – Hothot Radiator.

Anexo 15

Similitud de unidades de Potencia de KW a HP

kW	hp	kW	hp	kW	hp	kW	hp	kW	hp
1,000	1,341.0	100	134.1	10	13.4	1	1.3	0.1	0.13
2,000	2,682.0	200	268.2	20	26.8	2	2.7	0.2	0.27
3,000	4,023.1	300	402.3	30	40.2	3	4.0	0.3	0.40
4,000	5,364.1	400	536.4	40	53.6	4	5.4	0.4	0.54
5,000	6,705.1	500	670.5	50	67.1	5	6.7	0.5	0.67
7,000	9,387.2	700	938.7	70	93.9	7	9.4	0.7	0.94
8,000	10,728.2	800	1,072.8	80	107.3	8	10.7	0.8	1.07
9,000	12,069.2	900	1,206.9	90	120.7	9	12.1	0.9	1.21
10,000	13,410.2	1,000	1,341.0	100	134.1	10	13.4	1.0	1.34

Fuente: Portal zpag. (2020). Kilowatts to Horsepower Conversion.

Anexo 16

Rack de Frío para sistema de refrigeración utilizando CO₂ como fluido refrigerante

CompactCO₂OL[®]

Hybrid cascade stacked refrigeration rack combining a CO₂ LT rack running as a cascade and a R134a MT rack for medium to large supermarket.

- Uses natural refrigerant CO₂ for low temperature
- Adapted for supermarkets and hypermarkets
- Indoor installation
- Single or dual temperature range
- R134a compressors for an optimized Coefficient of Performance (COP)
- Integrated electrical cabinet as standard with a controller on each rack
- Integrated CO₂ refrigerant receiver
- Cascade heat exchanger
- Easy installation and maintenance
- Stacked compressors for space saving
- Variety of options available
- Design PS:
 - LT Suction: 25 Bar
 - LT Discharge: 45 Bar
 - MT Suction: 17 Bar
 - MT Discharge: 19 Bar



CompactCOOL

CompactCO ₂ OL [®]	MT application	LT application
No. of compressors	2 - 4	1 - 3
Refrigeration capacity	24 - 125 kW	2 - 33 kW
Refrigerant	R134a	R744

Evaporating temp.: MT -8°C / LT -35°C; Ambient temp.: ± 32°C

Carrier. (2020). Mechanical Systems. Única Edición. Portal sharedocs. Ney Yersey, Estados Unidos.

Anexo 17

Tabla de las propiedades termodinámicas del refrigerante R134a saturado requeridos para transferencia de calor

Propiedades del refrigerante 134a saturado

Temp., T °F	Presión de saturación, P _{sat} , psia	Densidad, ρ, lbm/ft ³		Entalpía de vaporización, h _{fg} , Btu/lbm	Calor específico, c _p , Btu/lbm · R		Conductividad térmica, k, Btu/h · ft · R		Viscosidad dinámica, μ, lbm/ft · h		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, β, 1/R	Tensión superficial, lbf/ft
		Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor		
-40	7.4	88.51	0.1731	97.1	0.2996	0.1788	0.0636	0.00466	1.1801	0.00617	5.558	0.237	0.00114	0.001206
-30	9.9	87.5	0.2258	95.6	0.3021	0.1829	0.0625	0.00497	1.0814	0.00739	5.226	0.272	0.00117	0.001146
-20	12.9	86.48	0.2905	94.1	0.3046	0.1872	0.0613	0.00529	0.9942	0.00876	4.937	0.310	0.00120	0.001087
-10	16.6	85.44	0.3691	92.5	0.3074	0.1918	0.0602	0.00559	0.9167	0.01028	4.684	0.352	0.00124	0.001029
0	21.2	84.38	0.4635	90.9	0.3103	0.1966	0.0589	0.00589	0.8474	0.01193	4.463	0.398	0.00128	0.000972
10	26.6	83.31	0.5761	89.3	0.3134	0.2017	0.0576	0.00619	0.7851	0.01372	4.269	0.447	0.00132	0.000915
20	33.1	82.2	0.7094	87.5	0.3167	0.2070	0.0563	0.00648	0.7288	0.01563	4.098	0.500	0.00137	0.000859
30	40.8	81.08	0.866	85.8	0.3203	0.2127	0.0550	0.00676	0.6777	0.01766	3.947	0.555	0.00142	0.000803
40	49.8	79.92	1.049	83.9	0.3240	0.2188	0.0536	0.00704	0.6308	0.01978	3.814	0.614	0.00149	0.000749
50	60.2	78.73	1.262	82.0	0.3281	0.2253	0.0522	0.00732	0.5878	0.02197	3.697	0.677	0.00156	0.000695
60	72.2	77.51	1.509	80.0	0.3325	0.2323	0.0507	0.00758	0.5480	0.02421	3.594	0.742	0.00163	0.000642
70	85.9	76.25	1.794	78.0	0.3372	0.2398	0.0492	0.00785	0.5111	0.02648	3.504	0.810	0.00173	0.000590
80	101.4	74.94	2.122	75.8	0.3424	0.2481	0.0476	0.00810	0.4765	0.02875	3.425	0.880	0.00183	0.000538
90	119.1	73.59	2.5	73.5	0.3481	0.2572	0.0460	0.00835	0.4441	0.03100	3.357	0.955	0.00195	0.000488
100	138.9	72.17	2.935	71.1	0.3548	0.2674	0.0444	0.00860	0.4135	0.03320	3.303	1.032	0.00210	0.000439
110	161.2	70.69	3.435	68.5	0.3627	0.2790	0.0427	0.00884	0.3844	0.03533	3.262	1.115	0.00227	0.000391
120	186.0	69.13	4.012	65.8	0.3719	0.2925	0.0410	0.00908	0.3568	0.03738	3.235	1.204	0.00248	0.000344
130	213.5	67.48	4.679	62.9	0.3829	0.3083	0.0392	0.00931	0.3303	0.03934	3.223	1.303	0.00275	0.000299
140	244.1	65.72	5.455	59.8	0.3963	0.3276	0.0374	0.00954	0.3047	0.04121	3.229	1.416	0.00308	0.000255
150	277.8	63.83	6.367	56.4	0.4131	0.3520	0.0355	0.00976	0.2800	0.04303	3.259	1.551	0.00351	0.000212
160	314.9	61.76	7.45	52.7	0.4352	0.3839	0.0335	0.00998	0.2559	0.04484	3.324	1.725	0.00411	0.000171
170	355.8	59.47	8.762	48.5	0.4659	0.4286	0.0314	0.01020	0.2322	0.04673	3.443	1.963	0.00498	0.000132
180	400.7	56.85	10.4	43.7	0.5123	0.4960	0.0292	0.01041	0.2085	0.04885	3.661	2.327	0.00637	0.000095
190	449.9	53.75	12.53	38.0	0.5929	0.6112	0.0267	0.01063	0.1843	0.05154	4.090	2.964	0.00891	0.000061
200	504.0	49.75	15.57	30.7	0.7717	0.8544	0.0239	0.01085	0.1583	0.05557	5.119	4.376	0.01490	0.000031
210	563.8	43.19	21.18	18.9	1.4786	1.6683	0.0199	0.01110	0.1254	0.06432	9.311	9.669	0.04021	0.000006

Nota 1: La viscosidad cinemática ν y la difusividad térmica α se pueden calcular a partir de sus definiciones, $\nu = \mu/\rho$ y $\alpha = k/\rho c_p = \nu/Pr$. Las propiedades cuya lista se da aquí (excepto la densidad del vapor) se pueden usar a cualesquiera presiones con error despreciable, excepto a temperaturas cercanas al

Figura: Çengel, Y. (2007). Transferencia de Calor y Masa. Tercera Edición.

Anexo 18

Tabla de las propiedades termodinámicas del refrigerante R134a saturado requeridos
para balance térmico

Refrigerante 134a saturado. Tabla de temperatura

Temp., <i>T</i> °C	Pres. sat., <i>P</i> _{sat} kPa	Volumen específico, <i>m</i> ³ /kg		Energía interna, <i>kJ</i> /kg			Entalpía, <i>kJ</i> /kg			Entropía, <i>kJ</i> /kg · <i>K</i>		
		Líqu. sat., <i>v</i> _f	Vapor sat., <i>v</i> _g	Líqu. sat., <i>u</i> _f	Evap., <i>u</i> _{fg}	Vapor sat., <i>u</i> _g	Líqu. sat., <i>h</i> _f	Evap., <i>h</i> _{fg}	Vapor sat., <i>h</i> _g	Líqu. sat., <i>s</i> _f	Evap., <i>s</i> _{fg}	Vapor sat., <i>s</i> _g
-40	51.25	0.0007054	0.36081	-0.036	207.40	207.37	0.000	225.86	225.86	0.00000	0.96866	0.96866
-38	56.86	0.0007083	0.32732	2.475	206.04	208.51	2.515	224.61	227.12	0.01072	0.95511	0.96584
-36	62.95	0.0007112	0.29751	4.992	204.67	209.66	5.037	223.35	228.39	0.02138	0.94176	0.96315
-34	69.56	0.0007142	0.27090	7.517	203.29	210.81	7.566	222.09	229.65	0.03199	0.92859	0.96058
-32	76.71	0.0007172	0.24711	10.05	201.91	211.96	10.10	220.81	230.91	0.04253	0.91560	0.95813
-30	84.43	0.0007203	0.22580	12.59	200.52	213.11	12.65	219.52	232.17	0.05301	0.90278	0.95579
-28	92.76	0.0007234	0.20666	15.13	199.12	214.25	15.20	218.22	233.43	0.06344	0.89012	0.95356
-26	101.73	0.0007265	0.18946	17.69	197.72	215.40	17.76	216.92	234.68	0.07382	0.87762	0.95144
-24	111.37	0.0007297	0.17395	20.25	196.30	216.55	20.33	215.59	235.92	0.08414	0.86527	0.94941
-22	121.72	0.0007329	0.15995	22.82	194.88	217.70	22.91	214.26	237.17	0.09441	0.85307	0.94748
-20	132.82	0.0007362	0.14729	25.39	193.45	218.84	25.49	212.91	238.41	0.10463	0.84101	0.94564
-18	144.69	0.0007396	0.13583	27.98	192.01	219.98	28.09	211.55	239.64	0.11481	0.82908	0.94389
-16	157.38	0.0007430	0.12542	30.57	190.56	221.13	30.69	210.18	240.87	0.12493	0.81729	0.94222
-14	170.93	0.0007464	0.11597	33.17	189.09	222.27	33.30	208.79	242.09	0.13501	0.80561	0.94063
-12	185.37	0.0007499	0.10736	35.78	187.62	223.40	35.92	207.38	243.30	0.14504	0.79406	0.93911
-10	200.74	0.0007535	0.099516	38.40	186.14	224.54	38.55	205.96	244.51	0.15504	0.78263	0.93766
-8	217.08	0.0007571	0.092352	41.03	184.64	225.67	41.19	204.52	245.72	0.16498	0.77130	0.93629
-6	234.44	0.0007608	0.085802	43.66	183.13	226.80	43.84	203.07	246.91	0.17489	0.76008	0.93497
-4	252.85	0.0007646	0.079804	46.31	181.61	227.92	46.50	201.60	248.10	0.18476	0.74896	0.93372
-2	272.36	0.0007684	0.074304	48.96	180.08	229.04	49.17	200.11	249.28	0.19459	0.73794	0.93253
0	293.01	0.0007723	0.069255	51.63	178.53	230.16	51.86	198.60	250.45	0.20439	0.72701	0.93139
2	314.84	0.0007763	0.064612	54.30	176.97	231.27	54.55	197.07	251.61	0.21415	0.71616	0.93031
4	337.90	0.0007804	0.060338	56.99	175.39	232.38	57.25	195.51	252.77	0.22387	0.70540	0.92927
6	362.23	0.0007845	0.056398	59.68	173.80	233.48	59.97	193.94	253.91	0.23356	0.69471	0.92828
8	387.88	0.0007887	0.052762	62.39	172.19	234.58	62.69	192.35	255.04	0.24323	0.68410	0.92733
10	414.89	0.0007930	0.049403	65.10	170.56	235.67	65.43	190.73	256.16	0.25286	0.67356	0.92641
12	443.31	0.0007975	0.046295	67.83	168.92	236.75	68.18	189.09	257.27	0.26246	0.66308	0.92554
14	473.19	0.0008020	0.043417	70.57	167.26	237.83	70.95	187.42	258.37	0.27204	0.65266	0.92470
16	504.58	0.0008066	0.040748	73.32	165.58	238.90	73.73	185.73	259.46	0.28159	0.64230	0.92389
18	537.52	0.0008113	0.038271	76.08	163.88	239.96	76.52	184.01	260.53	0.29112	0.63198	0.92310

Figura: Boles, M. Çengel, Y. (2011). Termodinámica. Séptima Edición.

Anexo 19

Tabla de las propiedades termodinámicas del refrigerante R744

Propiedades de gases a la presión de 1 atm

Temp., $T, ^\circ\text{F}$	Densidad, $\rho, \text{lbm/ft}^3$	Calor específico, $c_p, \text{Btu/lbm} \cdot \text{R}$	Conductividad térmica, $k, \text{Btu/h} \cdot \text{ft} \cdot \text{R}$	Difusividad térmica, $\alpha, \text{ft}^2/\text{h}$	Viscosidad dinámica, $\mu, \text{lbm/ft} \cdot \text{h}$	Viscosidad cinemática, $\nu, \text{ft}^2/\text{h}$	Número de Prandtl, Pr
<i>Bióxido de carbono, CO₂</i>							
-50	0.14712	0.1797	0.00628	0.2376	0.02786	0.1894	0.7970
0	0.13111	0.1885	0.00758	0.3068	0.03118	0.2378	0.7751
50	0.11825	0.1965	0.00888	0.3820	0.03443	0.2911	0.7621
100	0.10769	0.2039	0.01017	0.4631	0.03762	0.3493	0.7543
200	0.09136	0.2171	0.01273	0.6422	0.04382	0.4796	0.7469
300	0.07934	0.2284	0.01528	0.8428	0.04978	0.6275	0.7445
500	0.06280	0.2473	0.02027	1.3054	0.06104	0.9720	0.7446
1 000	0.04129	0.2796	0.03213	2.7837	0.08572	2.0762	0.7458
1 500	0.03075	0.2995	0.04281	4.6471	0.10640	3.4596	0.7445
2 000	0.02450	0.3124	0.05193	6.7845	0.12424	5.0705	0.7474

Figura: Çengel, Y. (2007). Transferencia de Calor y Masa. Tercera Edición.

Anexo 20

Ficha técnica de la válvula de membrana Spirax Sarco

CARACTERÍSTICAS

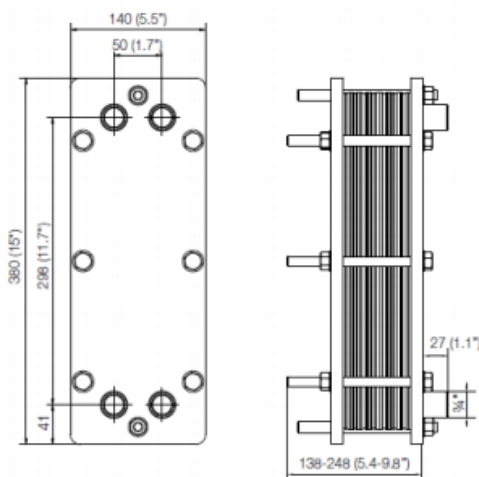
Tipo	de membrana
Accionamiento	neumática
Función	de reducción de presión, de regulación de presión
Medios	para vapor
Temperatura	Máx.: 400 °C (752 °F) Mín.: 0 °C (32 °F)
Presión	Máx.: 40 bar (580,2 psi) Mín.: 0 bar (0 psi)
DN	Máx.: 200 mm (7,874 in) Mín.: 15 mm (0,591 in)

Fuente: Portal directindustry. (2020). Válvula de membrana.

Anexo 21

Dimensiones y costo del intercambiador de calor de placas

T2-BFG		T2-BFG (Titanio)	
AISI 316 con 0,5 mm de espesor		TITANIO con 0,5 mm de espesor	
Juntas NBRP		Juntas EPDMC	
Conexiones SS		Conexiones 2 x SS / 2 x ALLOY 316	
Certif. ALS		Certif. ALS	
Nº placas	PVP 2015	Nº de placas	PVP 2015
5	585 €	5	1.206 €
6	601 €	6	1.226 €
7	617 €	7	1.246 €
8	633 €	8	1.266 €
9	650 €	9	1.286 €
10	666 €	10	1.306 €
11	682 €	11	1.326 €
12	698 €	12	1.346 €
13	714 €	13	1.366 €
14	730 €	14	1.386 €
15	746 €	15	1.406 €
16	762 €	16	1.426 €
17	779 €	17	1.446 €
18	794 €	18	1.466 €
19	810 €	19	1.486 €
20	827 €	20	1.506 €
21	843 €	21	1.526 €
22	859 €	22	1.546 €
23	875 €	23	1.566 €
24	891 €	24	1.586 €
25	907 €	25	1.606 €



Fuente: Alfa Laval. (2015). Intercambiadores de Calor para HVAC e Industria. Única Edición. Lund, Suecia. p. 6.

Anexo 22

Selección de la válvula de expansión electrónica que trabaja con R744

E2V Válvulas de expansión electrónicas

MODELO	DESCRIPCION	PRECIO	CODIGO
E2V**BRB00	** Tamaños de 09 a 35, con conexiones roscadas en latón de 1/2"-3/8" .	118,00	E2V**BRB00
E2V**BSF00	** Tamaños de 09 a 24, con conexiones en cobre para soldar de 12 mm	115,00	E2V**BSF00
E2V**BSM00	** Tamaños de 24 a 35, con conexiones en cobre para soldar de 16 mm	115,00	E2V**BSM00

Figura: Grupo GSF. (2018). Válvulas de expansión. Única Edición. Madrid, España. p.

232.

Anexo 23

Evaporadores para sistema de refrigeración utilizando CO₂ como fluido refrigerante

CAN/CAB Evolution CO₂

Air cooler for commercial applications

- Uses CO₂ natural refrigerant
- Ceiling-mounted cubic air cooler
- Designed for all types of cold rooms from small to medium capacities
- Large variety of dimensions, fin spacings and air flow configurations to suit cold room requirements
- Direct drive axial propeller fans
- Finned coil with copper tubes and aluminium fins
- Casing complete with doors and pivoting pan
- Expansion valve mounted (Option)
- Coil treatment (Option)
- Compliant with ErP Directive
- Undergoing EUROVENT approval (new EUROVENT 2020 program)
- Design PS: 80 Bar

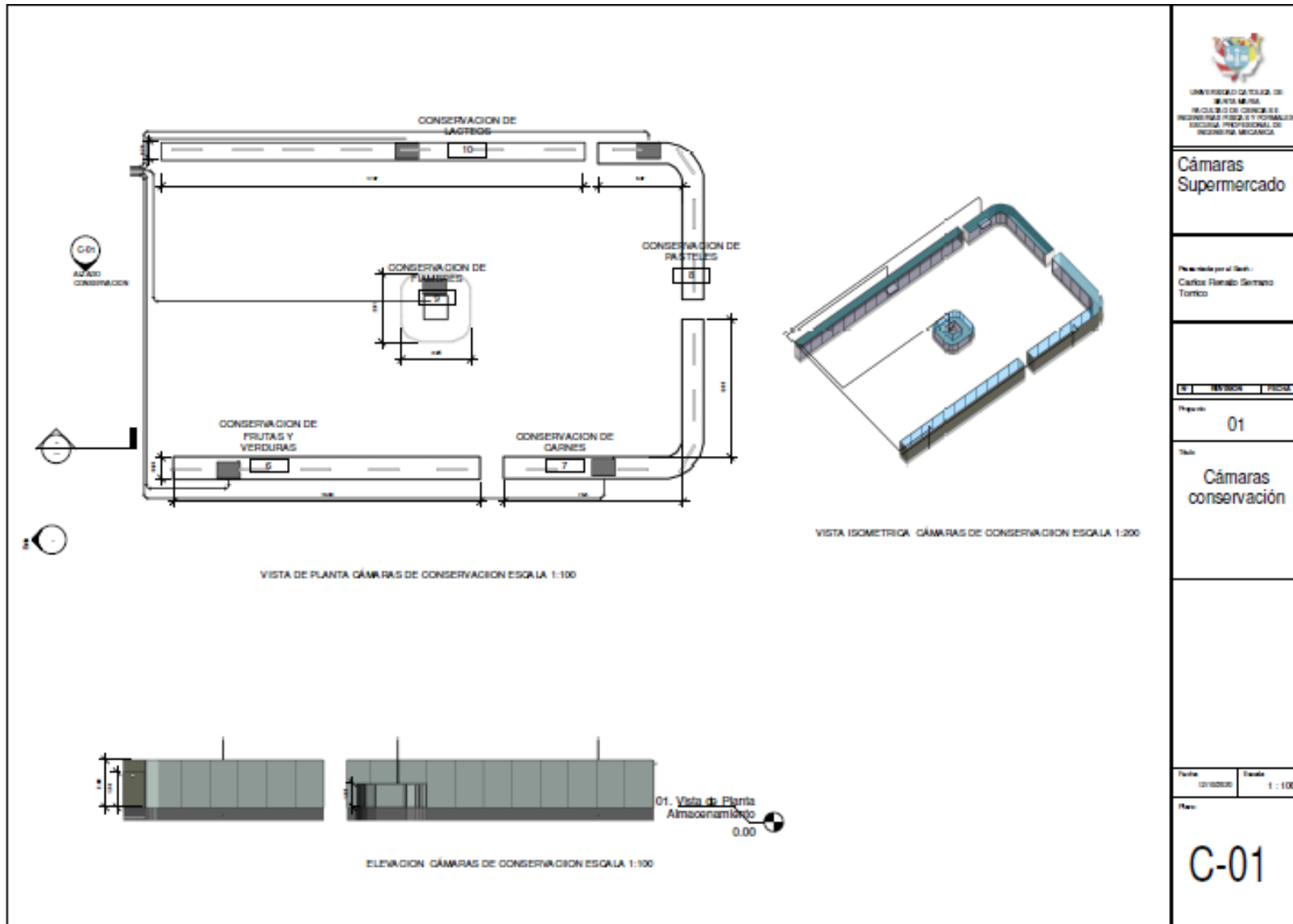


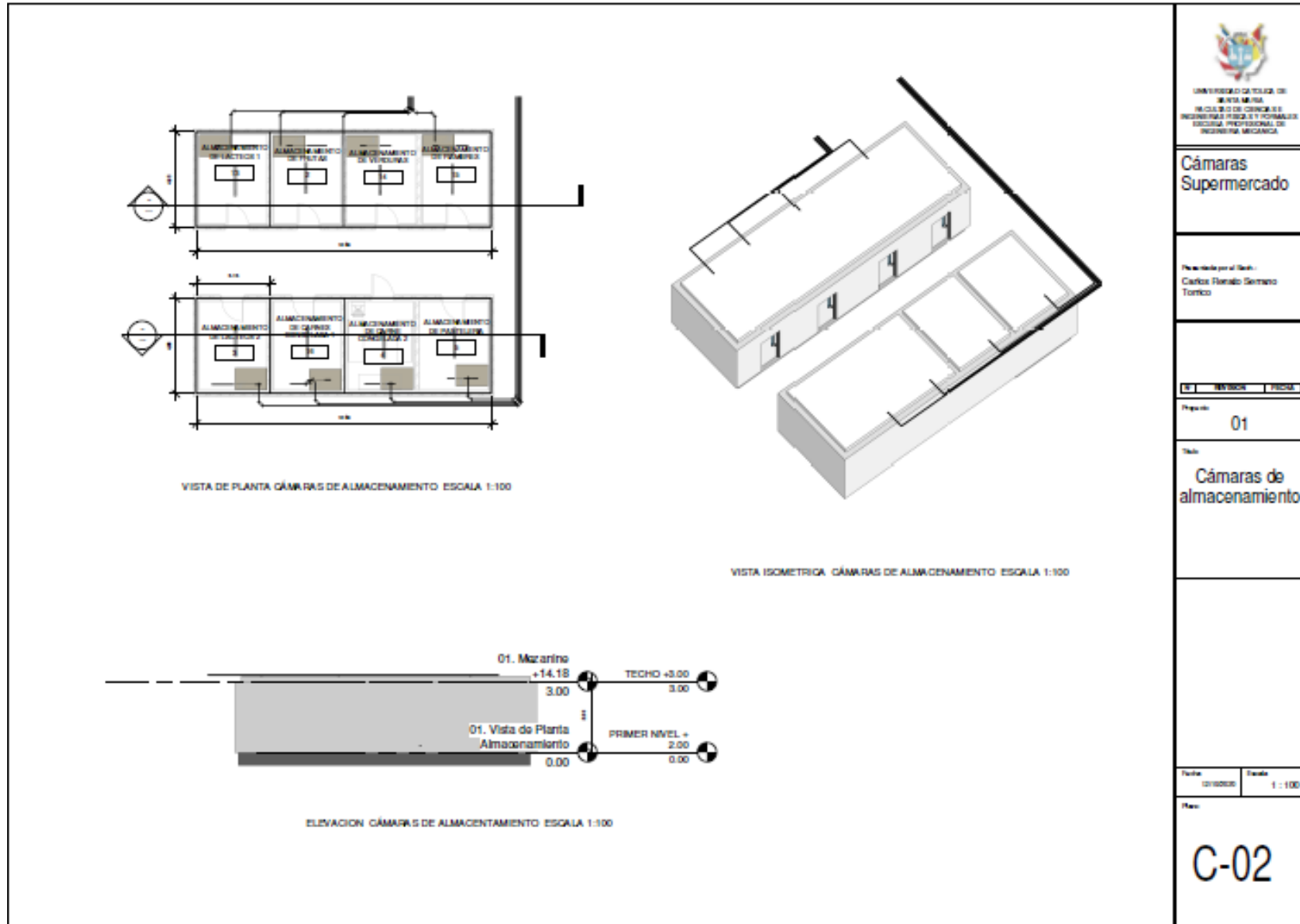
CAN/CAB Evolution CO ₂	MT application	LT application
No. of fans	1 – 6	
Capacity	2 – 14 kW	1 – 10 kW
Refrigerant	R744	

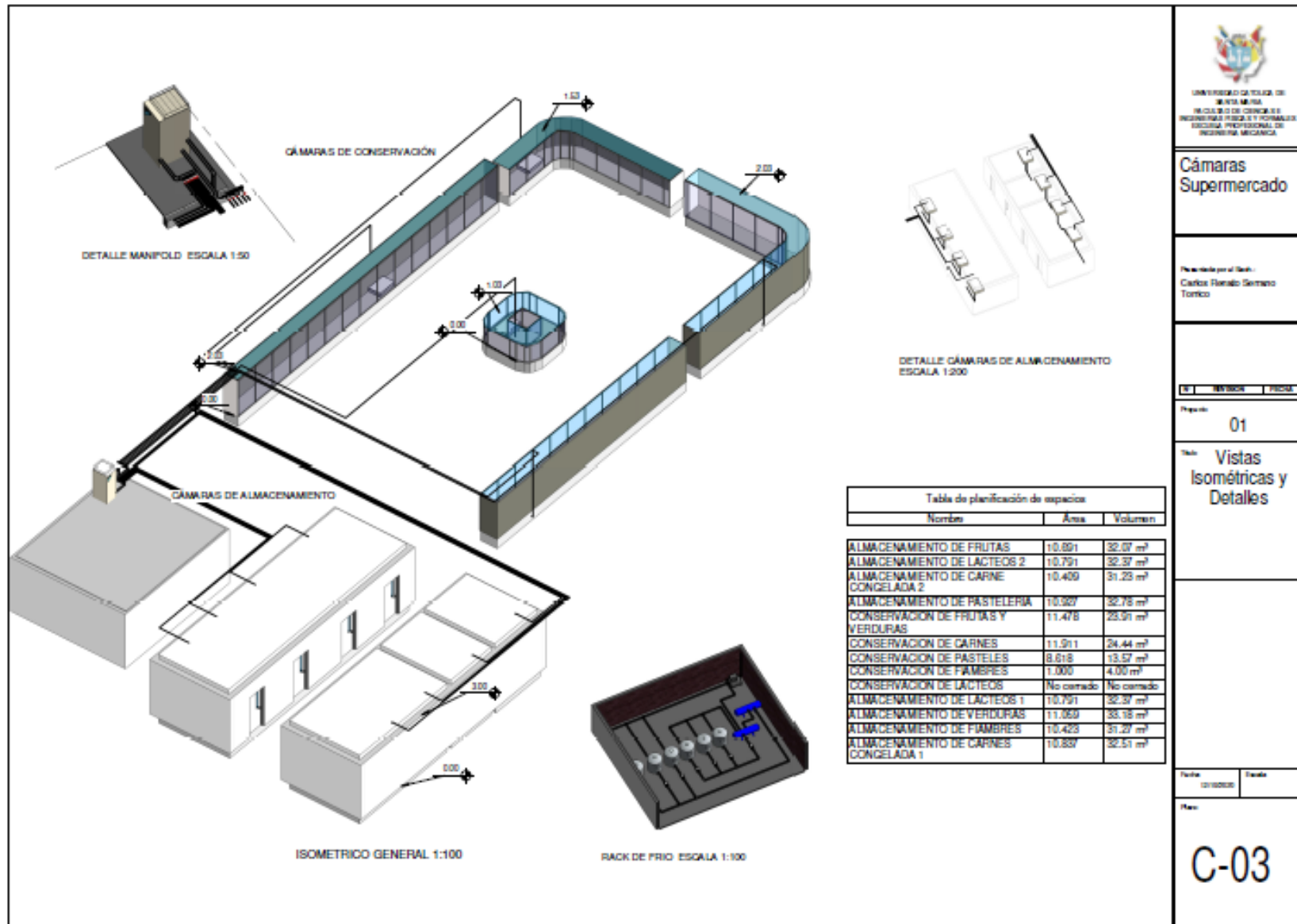
Fluid = R744; inlet air temp. / evaporating temp.: MT = 2°C / -8°C; LT = -18°C / -25°C

Fuente: Carrier. (2020). Mechanical Systems. Única Edición. Portal shareddocs. Ney Yersey, Estados Unidos.









Cámaras Supermercado

Elaborado por el Sr. Carlos Renato Serrano Torrico

INstitución TECNOLÓGICA

Figura 01

Vistas Isométricas y Detalles

Fecha: 01/06/2020 Estado:

Plan: **C-03**