

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA  
ALMACENAMIENTO DE PALTA DE EXPORTACIÓN CON  
CAPACIDAD DE 132 Tn. EMPRESA AGROPACKING EXPORT -  
PIURA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

Gerardo H. Garro Tapia

Mg. Vladimir Contreras Tito

**GERARDO MANUEL GARRO TAPIA**

**Callao, 2021**

**PERÚ**



**ACTA N° 062 DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL DEL III CICLO TALLER PARA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO E INGENIERO EN ENERGÍA**

**LIBRO 001 FOLIO No. 110 ACTA N° 062 DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

A los 12 días del mes noviembre, del año 2021, siendo las 20.50 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/ktd-ynee-ofn>, el **JURADO DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL** para la obtención del título profesional de **Ingeniero Mecánico** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

<b>Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY</b>	<b>: Presidente</b>
<b>Mg. JUAN CARLOS HUAMÁN ALFARO</b>	<b>: Secretario</b>
<b>Mg. ADOLFO ORLANDO BLAS ZARZOSA</b>	<b>: Miembro</b>
<b>Mg. RENZO IVAN VILA ARCE</b>	<b>: Suplente</b>

Se dio inicio al acto de exposición del informe de trabajo de suficiencia profesional del Bachiller **GARRO TAPIA, GERARDO MANUEL**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero **MECÁNICO**, sustenta el informe titulado "**DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA ALMACENAMIENTO DE PALTA DE EXPORTACIÓN CON CAPACIDAD DE 132 Tn. EMPRESA AGROPACKING EXPORT - PIURA**", cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario".

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **MUY BUENO** y calificación cuantitativa **16 (DIESCISEIS)**, la presente exposición, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018- CU del 30 de Octubre del 2018.

Se dio por cerrada la Sesión a las 21.23 horas del día 12 del mes de noviembre y año en curso.

**Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY**  
**PRESIDENTE**

**Mg. JUAN CARLOS HUAMAN ALFARO**  
**SECRETARIO**

**Mg. ADOLFO ORLANDO BLAS ZARZOSA**  
**MIEMBRO**

**Mg. RENZO IVAN VILA ARCE**  
**SUPLENTE**

**Mg. VLADIMIRO CONTRERAS TITO**  
**ASESOR**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGÍA**  
III Ciclo Taller de Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional 2021

**Jurado de Exposición**

**I N F O R M E**

Visto el Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: “**DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA ALMACENAMIENTO DE PALTA DE EXPORTACIÓN CON CAPACIDAD DE 132 Tn. EMPRESA AGROPACKING EXPORT - PIURA**”, presentado por el señor Bachiller en Ingeniería Mecánica **GARRO TAPIA, GERARDO MANUEL**

**A QUIEN CORRESPONDA:**

El Presidente del Jurado del señor bachiller en Ingeniería Mecánica **GARRO TAPIA, GERARDO MANUEL**, manifiesta que la Exposición de su Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, se realizó en forma virtual, mediante la sala [://meet.google.com/ktd-ynee-ofn](https://meet.google.com/ktd-ynee-ofn) el día viernes 12 de Noviembre del 2021 a las 20.50 horas, no encontrándose observación alguna, ni correcciones que incluir, el mismo que en su oportunidad fue cuidadosamente evaluado por cada uno de los miembros del Jurado, no presentando ninguna observación en su estructura metodológica y contenido temático.

En tal sentido, en mi calidad de Presidente de Jurado, emito el presente informe favorable para los fines pertinentes.

Bellavista, 12 de Noviembre del 2021



Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY  
Presidente de Jurado de Exposición

**“DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA  
ALMACENAMIENTO DE PALTA DE EXPORTACIÓN CON  
CAPACIDAD DE 132 Tn. EMPRESA AGROPACKING EXPORT -  
PIURA”**

## **DEDICATORIA**

El presente informe se lo dedico a mi familia, en especial a mi madre Eloísa Frida Tapia Zúñiga, quien me ha apoyado siempre inculcándome valores para ser un buen profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A las personas que siempre creyeron en mí, como mi madre Eloísa Frida Tapia Zúñiga, mi hermano Luis Guillermo Garro Tapia.

Agradezco a los profesores de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional del Callao por compartir sus conocimientos y experiencia mediante los cuales me he desarrollado en el campo laboral.

## INTRODUCCIÓN

La empresa HB Refrigeración, creada en el año 2002, se dedica al diseño y ejecución de proyectos agroindustriales, poniendo al alcance de sus clientes productos innovadores con tecnologías de vanguardia e importadas de diversos países del mundo, con la finalidad de cumplir con los requerimientos solicitados por los clientes para la cadena de frío.

En la actualidad, uno de los sectores con mayor crecimiento económico a pesar de la pandemia que inició en marzo del 2020, brindando trabajo formal a las personas y es parte importante del PBI, es el sector Agroindustrial, demostrando un crecimiento del 13.7% en los últimos 05 años y posicionándonos entre los primeros países agroexportadores a nivel mundial. (El aporte de la agroindustria, 2019)

Este sector tiene como finalidad exportar fruta en diferentes presentaciones como fresca, congelada, procesada y deshidratada, pasando por procesos que se rigen bajo estándares de inocuidad solicitados por los clientes de diferentes destinos como USA, EUROPA, ASIA, entre otros.

Los productos para ser refrigerados, deben de ingresar a unos ambientes climatizados, los cuales se diseñan y construyen considerando varios factores como cantidad de fruta a enfriar por día (kilogramos), tipo de fruta, temperaturas de almacenamiento, tiempo de enfriamiento, entre otros. Estos ambientes climatizados o también conocidos como cámaras frigoríficas permiten bajar la temperatura de la fruta y de esta manera conservar sus propiedades alargando su vida de anaquel para que llegue en buen estado a su destino y así disminuir el porcentaje de merma.

La empresa agroexportadora Agropacking Export SA se dedica a exportar frutas frescas a diferentes países. El crecimiento en la exportación por parte de esta empresa, hizo que tenga la necesidad de ampliar la cadena de frío, solicitando el diseño de una cámara frigorífica para almacenamiento de fruta.

En el presente informe se muestra el diseño de un sistema de refrigeración para una cámara de almacenamiento de palta para exportación con capacidad de 132 toneladas que cumpla con las condiciones necesarias para la conservación de la fruta.

En la primera parte de este informe, se muestra los aspectos generales, objetivos que se debió alcanzar para poder cumplir con el requerimiento del cliente y la estructura organizacional de la empresa HB Refrigeración, la cual apunta a ser líder en el mercado brindando soluciones a medida de la necesidad del cliente.

En la segunda parte, se muestra los fundamentos teóricos en los que se ha basado el presente informe para lograr el cumplimiento de los objetivos, se realizó los cálculos necesarios y descripción de los pasos a seguir para un buen diseño de la cámara frigorífica.

También se muestra los aportes del diseño como el dimensionamiento de la cámara y la correcta selección de equipos que conformarán el sistema de refrigeración, ya que mayormente las empresas de este rubro no dimensionan correctamente el ambiente a climatizar y esto conlleva que la inversión del cliente se eleve.

Asi mismo, se muestra las discusiones y conclusiones a las que hemos llegado para el desarrollo del presente informe. Finalmente, se presenta algunas recomendaciones que de seguro servirán a las personas que se quieren dedicar o dedican a este rubro con gran potencial de crecimiento en nuestro país.

Agradecido con la empresa HB Refrigeración por darme la oportunidad de diseñar el sistema de refrigeración bajo el requerimiento solicitado del cliente.

## ÍNDICE

<b>I. ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>5</b>
1.1 Objetivos .....	6
1.1.1 Objetivo General.....	6
1.1.2 Objetivos específicos .....	6
1.2 Organización de la Empresa o Institución .....	6
1.2.1 Antecedentes históricos .....	6
1.2.2 Filosofía empresarial .....	7
1.2.3 Estructura organizacional.....	9
<b>II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL .....</b>	<b>113</b>
2.1 Marco Teórico .....	133
2.1.1 Bases teóricas .....	144
2.1.2 Aspectos normativos .....	53
2.1.3 Simbología técnica .....	54
2.2 Descripción de las actividades desarrolladas .....	55
2.2.1 Etapas de las actividades.....	55
2.2.2 Diagrama de flujo .....	57
2.2.3 Cronograma de actividades .....	58
<b>III. APORTES REALIZADOS .....</b>	<b>59</b>
3.1 Planificación, ejecución y control de etapas .....	59
3.2 Evaluación técnica - económica .....	82
3.3 Análisis de resultados .....	83
<b>IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>84</b>
4.1 Discusión.....	84
4.2 Conclusiones.....	85
<b>V. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>86</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>90</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.1 Logo de la empresa HB Refrigeración	7
Figura N° 1.2 Estructura Organizacional de la empresa	9
Figura N° 1.3 Cámara Frigorífica	10
Figura N° 1.4 Vista exterior Cámara Frigorífica	10
Figura N° 1.5 Descarga e instalación de equipos de refrigeración	11
Figura N° 1.6 Sala de máquinas	11
Figura N° 1.7 Instalación de Paneles y Puertas	11
Figura N° 1.8 Instalación de máquinas y rampa hidráulica	12
Figura N° 1.9 Vista exterior de la Planta de Incubación	12
Figura N° 2.1 Defectos de la palta	15
Figura N° 2.2 Diagrama de fase	17
Figura N° 2.3 Tipos de transferencia de calor	18
Figura N° 2.4 Primera Ley de la Termodinámica	19
Figura N° 2.5 Segunda Ley de la Termodinámica	20
Figura N° 2.6 Diagrama T-S para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor	22
Figura N° 2.7 Diagrama T-S para el ciclo real de refrigeración por compresión de vapor	22
Figura N° 2.8 Ciclo de Refrigeración por Compresión de vapor	23
Figura N° 2.9 Compresor Centrifugo	24
Figura N° 2.10 Compresor de Pistón	25
Figura N° 2.11 Compresor tipo scroll	25
Figura N° 2.12 Compresor de tornillo	26
Figura N° 2.13 Condensador enfriado por agua	27
Figura N° 2.14 Condensador enfriado por aire	27
Figura N° 2.15 Condensador evaporativo	28
Figura N° 2.16 Evaporador de ventilación forzada	29
Figura N° 2.17 Unidad condensadora Bohn	29
Figura N° 2.18 Válvula de expansión termostática	30
Figura N° 2.19 Válvula solenoide	31
Figura N° 2.20 Presostato dual	31

Figura N° 2.21 Puerta frigorífica	35
Figura N° 2.22 Perfil sanitario de PVC	35
Figura N° 2.23 Esquinero interno de PVC	36
Figura N° 2.24 Zócalo Sanitario de PVC	36
Figura N° 2.25 Colgador Metálico	37
Figura N° 2.26 Pallet Americano	37
Figura N° 2.27 Diagrama de flujo	52
Figura N° 3.1 Ubicación del Proyecto	55
Figura N° 3.2 Zona de Recepción	55
Figura N° 3.3 Calibradora de fruta	55
Figura N° 3.4 Zona de paletizado	56
Figura N° 3.5 Cámara de conservación existente	56
Figura N° 3.6 Vista exterior de la planta procesadora	62
Figura N° 3.7 Área libre para la instalación de la cámara frigorífica	62
Figura N° 3.8 Vista de Planta – Cámara de Almacenamiento	64
Figura N° 3.9 Vista de Elevación – Cámara de Almacenamiento	65
Figura N° 3.10 Software para la selección de unidades condensadoras	73
Figura N° 3.11 Ingreso de datos para la selección de la UC	73
Figura N° 3.12 Resultados propuestos por el software	74
Figura N° 3.13 Unidad Condensadora Bohn Modelo BLV150BM6D	75
Figura N° 3.14 Ingreso de datos para la selección de los evaporadores	75
Figura N° 3.15 Resultados propuestos por el software	76
Figura N° 3.16 Evaporador Bohn modelo BHL650CVA	77
Figura N° 3.17 Diámetro de la tubería de líquido	78
Figura N° 3.18 Resultados propuestos por el software CoolSelector2	78
Figura N° 3.19 Diámetro de la tubería de succión	79
Figura N° 3.20 Resultados propuestos por el software CoolSelector2	79
Figura N° 3.21 Selección de válvula de expansión	80
Figura N° 3.22 Selección de la válvula solenoide	80
Figura N° 3.23 Aislamiento para tubería	81
Figura N° 3.24 Cálculo de carga térmica mediante software	83

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1 Rendimiento de producción de palta por hectárea	13
Tabla N° 2.2 Calibres por peso con destino a Europa	14
Tabla N° 2.3 Calibres por peso con destino a USA	14
Tabla N° 2.4 Inflamabilidad y toxicidad de los refrigerantes	35
Tabla N° 2.5 Comparativo entre R134a y R507a	35
Tabla N° 2.6 Características del panel termoaislante POL	36
Tabla N° 2.7 Característica del panel termoaislante PUR	36
Tabla N° 2.8 Características del panel termoaislante PIR	37
Tabla N° 2.9 Calor de respiración de la palta	46
Tabla N° 2.10 Carga térmica de motores eléctricos típicos	49
Tabla N° 2.11 Cambios de aire por día para cuartos de almacenaje	49
Tabla N° 2.12 Carga térmica equivalente de ocupación por persona	50
Tabla N° 2.13 Elección de $\Delta T$ en base a la humedad relativa	52
Tabla N° 2.14 Simbología de las partes de un sistema de refrigeración	54
Tabla N° 2.15 Etapas del proyecto	56
Tabla N° 2.16 Cronograma de actividades	58
Tabla N° 3.1 Dimensiones y temperaturas	67
Tabla N° 3.2 Cargas térmicas calculadas	72
Tabla N° 3.3 Modelos de evaporadores	77

## **I. ASPECTOS GENERALES**

HB Refrigeración S.A. es una empresa dedicada a refrigeración comercial e industrial, pone al alcance de sus clientes productos con tecnologías de vanguardia importados de diversos países del mundo, con la finalidad de cumplir con los parámetros establecidos para la cadena de frío. Atiende a sectores como agroindustrial, avícola, cárnico, lácteo, pesca, industria alimentaria en general, empresas de almacenamiento, empresas logísticas, industrias químicas, laboratorios, supermercados, tiendas de conveniencias, retail, horeca, etc.

El sector agroindustrial, uno de los cuales ha crecido notoriamente en los últimos años gracias a la variedad de frutas que se cultiva debido a los diferentes micro climas que tiene el Perú, poniéndonos como primer agroexportador mundial de arándanos (Agencia de Noticias Agraria, 2020), segundo agroexportador mundial de palta (Periódico Gestión, 2020), y así con otras frutas de exportación, se tiene la necesidad de construir plantas procesadoras de frutas bajo correctos diseños.

El ingreso a nuevos destinos ha permitido el crecimiento sostenido en la exportación de fruta, gracias al trabajo conjunto del sector privado y el impulso comercial desde Promperú, quienes gestionan la apertura de nuevos mercados mediante firma de protocolos de exportación y gestión comercial con grandes cadenas de supermercados. La tecnología ha permitido sostener y desarrollar nuevos negocios agroindustriales, como la adaptación de nuevos cultivos como los arándanos, que hace unos años no se cultivaban en nuestro país.

Existen errores de diseño en los sistemas de refrigeración al sobredimensionar las cargas térmicas dando factores de seguridad altos, los cuales conllevan a seleccionar equipos como unidades condensadoras, evaporadores, válvulas, etc. de mayor costo, lo cual afecta al cliente tanto en la inversión inicial y el consumo de energía eléctrica durante la operación.

El presente trabajo describirá el proceso de diseño de una cámara frigorífica para almacenamiento de palta para una empresa agroexportadora, la cual está creciendo de manera sostenida con la calidad de exportación de la fruta que cultiva en sus campos.

El trabajo se desarrolló en la empresa AGROPACKING EXPORT SA, la cual sigue cultivando fruta y, por ende, la capacidad de proceso aumentará y esto conlleva a seguir creciendo en la cadena de frío.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo General**

Diseñar una cámara frigorífica para almacenamiento de palta de exportación con capacidad de 132 Tn para la empresa Agropacking Export – Piura.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

Dimensionar la cámara frigorífica donde se almacenará la palta a cierta temperatura.

Calcular las cargas térmicas del ambiente a climatizar.

Seleccionar los equipos de frío que cumplan con la capacidad frigorífica calculada.

## **1.2 Organización de la Empresa o Institución**

### **1.2.1 Antecedentes históricos**

La empresa HB Refrigeración S.A. con RUC 20504123694, inició sus actividades en el mes de agosto del 2002, ubicada en el distrito de Surquillo en Lima, con la determinación de ser una empresa líder en el mercado de soluciones integrales en el rubro de refrigeración. Su experiencia se enmarca en la solución a medida en conjunto con la relación costo / beneficio y las tecnologías y procesos de avanzada.

En el año 2006 la empresa se consolida construyendo grandes proyectos de plantas procesadoras de frutas, y para mantener ese liderazgo la gerencia decide viajar al extranjero para buscar socios estratégicos como fabricantes de equipos de refrigeración y líneas calibradoras para fruta, logrando así alianzas importantes que le sirven como apoyo al momento de los cierres comerciales de proyectos.

La constante capacitación del equipo de profesionales por parte de empresas líderes a nivel mundial en el rubro de la refrigeración, ha hecho que nuestros clientes se sientan satisfechos con las propuestas técnicas-económicas de acuerdo a sus requerimientos, considerando el cuidado del medio ambiente, la eficiencia energética de los equipos y dejando abierta la posibilidad de futuras ampliaciones.

Cabe recalcar que con la representación de varias marcas reconocidas de equipos de refrigeración como BOHN(México), Dong Hwa Win(Corea), Bitzer (Alemania), la empresa empieza a comercializar equipos de refrigeración, lo cual permite afianzar su presencia en el mercado peruano.

Figura 1.1 Logo de la empresa



Fuente: Archivos – HB Refrigeración

### **1.1.3 Filosofía empresarial**

#### **MISIÓN**

Ofrecer productos y servicios que satisfagan las necesidades del mercado logrando un equilibrio entre calidad y precio, aplicando políticas de mejora continua en todos los aspectos ayudando al cliente a incrementar sus ganancias.

## VISIÓN

Ser una empresa líder de refrigeración industrial en el mercado peruano que busca constantemente la innovación tecnológica y ser la mejor alternativa en cuanto a calidad de servicios y ventas de equipos, representando las mejores marcas a nivel mundial, colaborando con los clientes en mejorar sus procesos con la finalidad de que ellos tengan también un mejor producto.

## VALORES EMPRESARIALES

Los valores son parte clave en la empresa HB REFRIGERACIÓN SA y se mencionan a continuación:

- **Honestidad:** valor esencial para generar la confianza y credibilidad de la empresa, de esta manera nos permite fidelizar a los clientes.
- **Responsabilidad y puntualidad:** valores muy importantes dentro de una empresa, ya que hace notar el compromiso de los trabajadores para el crecimiento de la empresa.
- **Trabajo en equipo:** se logra estableciendo objetivos comunes, involucrando a los trabajadores en la toma de decisiones y nos permite el desarrollo de proyectos complejos para satisfacer la necesidad del cliente.
- **Orientación al cliente:** una empresa que constantemente se esfuerza por repensar su propuesta de valor para adecuarse a las necesidades de sus clientes tiene todo lo necesario para crecer de manera sustentable.
- **Innovación:** encontrar nuevas alternativas para generar oportunidades de negocio.
- **Responsabilidad Social:** causar un impacto amplio y positivo en la sociedad que los rodea, Es decir, que puedan realizar acciones de carácter colectivo para hacer que sus recursos generen beneficios a

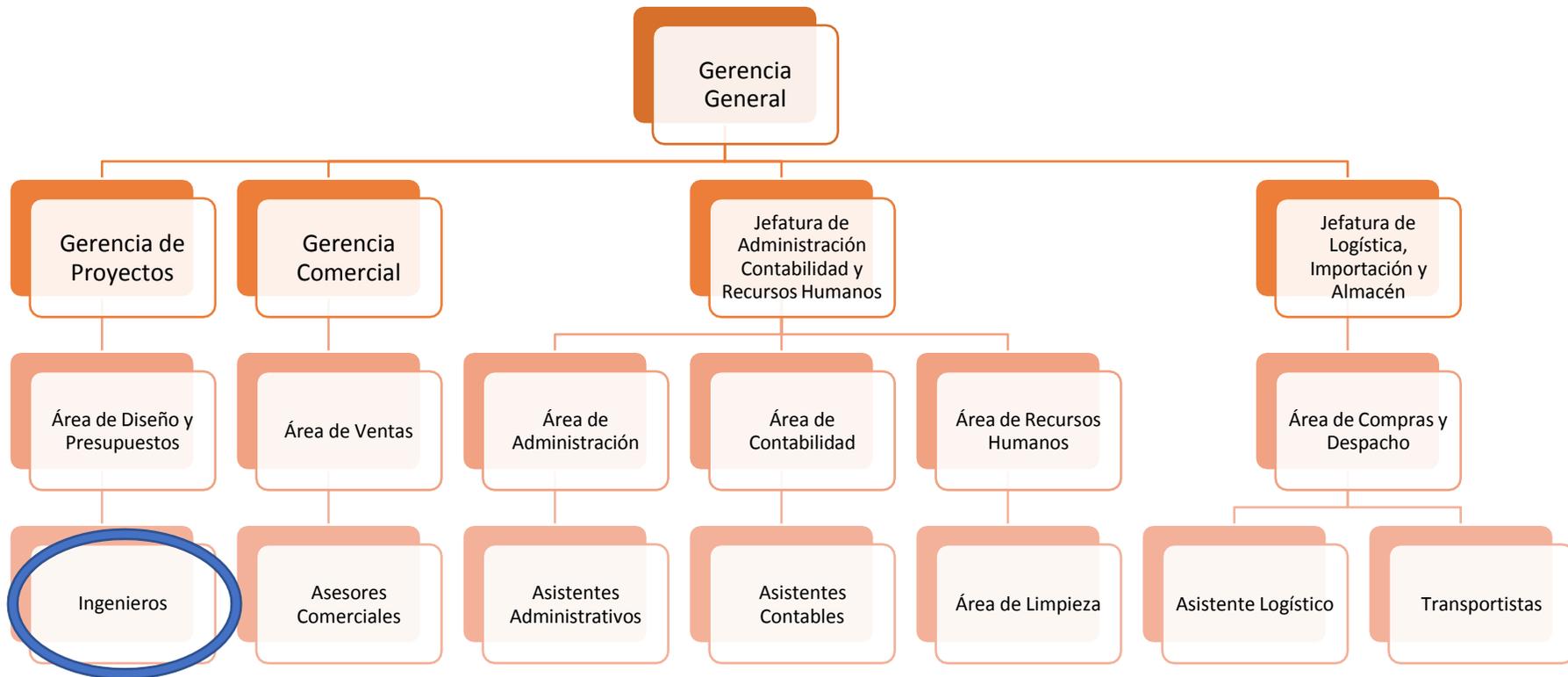
personas que no necesariamente establecen una relación de consumo con ellos

#### **1.1.4 Estructura organizacional**

HB Refrigeración S.A. cuenta con la siguiente estructura organizacional.

- Gerencia General
- Gerencia Comercial
- Gerencia de Proyectos
- Jefatura de Administración.
- Jefatura de Contabilidad y Recursos Humanos.
- Jefatura de Logística y Almacén.
- Área de Diseño y Presupuestos.
- Área de Compras y Despacho.
- Área de Contabilidad.
- Área de Recursos Humanos.
- Área de Ventas.

Figura 1.2 Estructura Organizacional



Fuente: Área de Recursos Humanos – HB Refrigeración Industria

## **CARGO EN LA EMPRESA**

Ocupé el puesto de Ingeniero Junior cumpliendo las funciones de diseñar y cotizar los proyectos del área agroindustrial.

## **PRINCIPALES CLIENTES DE LA EMPRESA**

A continuación, se menciona algunos de los principales clientes de la empresa.

- SUNSHINE EXPORT SAC
- AGROPECUARIA SAN RAMÓN
- REDONDOS S.A.
- BIOFRUIT EXPORT SAC
- AGROPACKING EXPORT SAC
- COMPLEJO AGROINDUSTRIAL BETA

## **ALGUNOS PROYECTOS EJECUTADOS POR LA EMPRESA**

- CÁMARA DE MANUTENCIÓN DE CONGELADOS, ANTECÁMARA Y DESPACHO

Figura 1.3 Cámara Frigorífica



Fuente: Informe Final de Obra – Sunshine Export

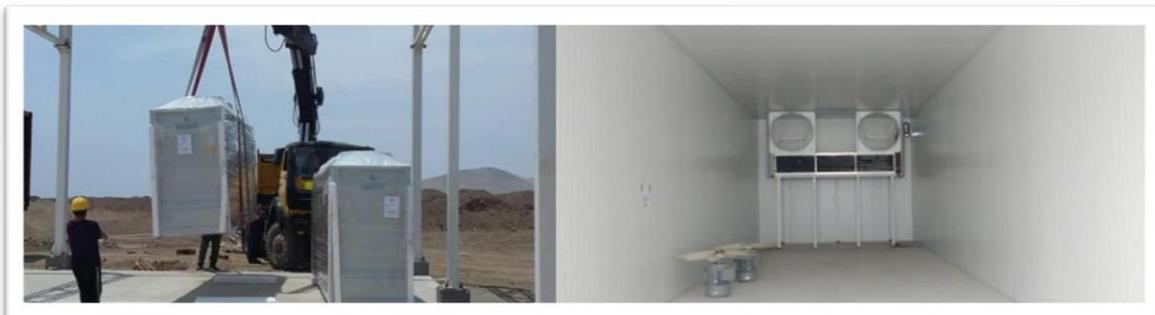
Figura 1.4 Vista Exterior de Cámara Frigorífica



Fuente: Informe Final de Obra – Sunshine Export

➤ PLANTA PROCESADORA DE PALTA PARA FRESCOS Y CONGELADOS

Figura 1.5 Descarga e instalación de equipos de refrigeración



Fuente: Informe Final de Obra – Agropecuaria San Ramón

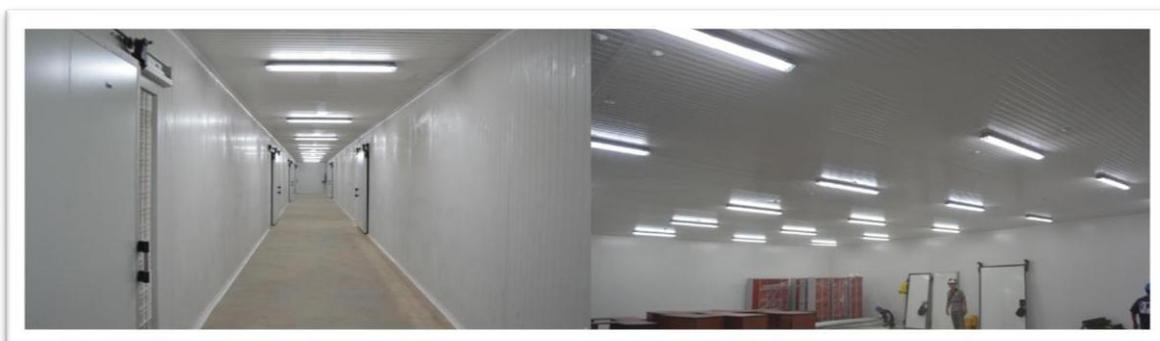
Figura 1.6 Sala de Máquinas



Fuente: Informe Final de Obra – Agropecuaria San Ramón

➤ PLANTA DE INCUBACIÓN REDONDOS

Figura 1.7 Instalación de Paneles y Puertas



Fuente: Informe Final de Obra – Redondos S.A.

Figura 1.8 Instalación de máquinas y rampa hidráulica



Fuente: Informe Final de Obra – Redondos S.A.

Figura 1.9 Vista exterior de la Planta de Incubación



Fuente: Informe Final de Obra – Redondos S.A.

## II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

### 2.1 Marco Teórico

Arteaga V. (2016) en su tesis titulada “Cálculo y dimensionamiento de una cámara de refrigeración para productos orgánicos perecederos”, tuvo como objetivo diseñar una cámara de frío que cumpla con las especificaciones para almacenamiento y conservación de frutas y hortalizas orgánicas, concluye que la mejor tecnología para almacenar un producto y conservar sus propiedades es mediante la refrigeración.

Saldías E. (2003) en su tesis titulada “Diseño de una cámara de refrigeración para zanahoria (*Daucus carota* L.), betarraga (*Beta vulgaris* L.) y repollo (*Brassica oleracea* L. var. capitata) adaptada a las condiciones de Coyhaique, en la XI Región”, tuvo como objetivo diseñar una cámara de refrigeración para los 03 productos antes mencionados y concluyó que, mediante el análisis de dimensionamiento presentado, se logra establecer la menor superficie externa

que permita reducir la cantidad de materiales de construcción y las cargas térmicas de la cámara.

### 2.1.1 Bases teóricas

Para el desarrollo del presente informe, será necesario considerar los siguientes conceptos.

#### La Palta

La palta es un fruto tropical cuyo nombre científico es “Persea americana, que pertenece a la familia de las Lauraceae. Originaria de México y Centro América.

Al igual que otros frutos y vegetales, el clima es de vital importancia en la planta del palto. Este fruto requiere de una temperatura máxima de 24 a 26°C y la radiación debe estar por debajo de los 1,000 vatios (Red Agrícola, 2019) por ello la costa peruana es el mejor lugar para la producción de palta. Además del uso de un correcto sistema de riego y aplicación de productos químicos permiten que el campo pueda tener una mayor producción.

A continuación, se muestra una tabla de producción por hectárea según ubicación del cultivo.

Tabla 2.1 Rendimiento por hectárea

N°	Lugar	Producción por Hectárea
1	Arequipa	19,769 kilos
2	Ayacucho	16,056 kilos
3	Pasco	15,863 kilos
4	Ica	15,237 kilos
5	La Libertad	14,361 kilos
6	Lima	13,164 kilos
7	San Martín	12,491 kilos
8	Lima	12,418 kilos
9	Piura	11,961 kilos
10	Cajamarca	11,108 kilos
11	Loreto	10,569 kilos
12	Lambayeque	10,435 kilos
13	Junín	10,313 kilos
14	Puno	10,082 kilos
15	Huancavelica	8,896 kilos
16	Huánuco	8,695 kilos
17	Madre de Dios	8,097 kilos
18	Amazonas	8,054 kilos
19	Tacna	7,368 kilos
20	Ucayali	7,332 kilos
21	Cusco	7,082 kilos
22	Ancash	6,546 kilos
23	Moquegua	6,505 kilos
24	Apurímac	6,297 kilos

Fuente: agraria.pe

Para la exportación, la palta es calibrada por peso y defecto según las siguientes tablas.

Tabla 2.2 Calibres por peso con destino a EUROPA

EUROPA		
Calibre	Peso Mínimo	Peso Máximo
10	364	462
12	300	371
14	258	313
16	227	274
18	203	243
20	184	217
22	165	196
24	151	175
26	144	157
28	134	147
30	123	137

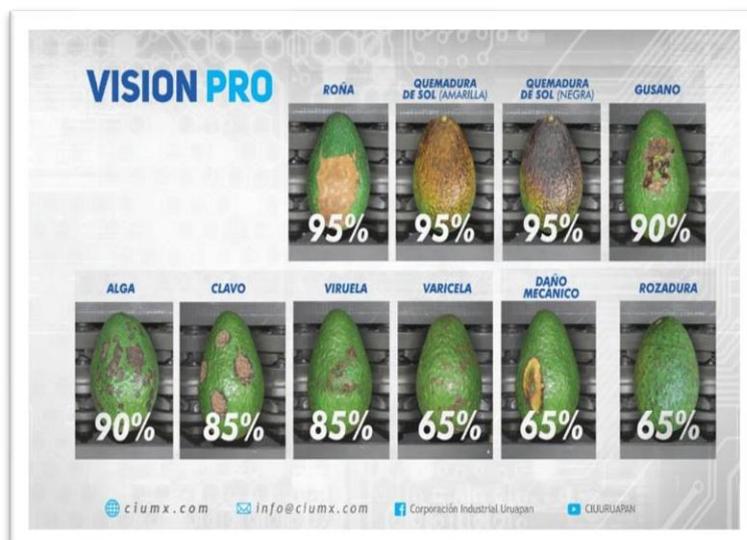
Fuente: Agroexportadora Fruchincha

Tabla 2.3 Calibres por peso con destino a USA

USA		
Calibre	Peso Mínimo	Peso Máximo
32	333	390
36	298	364
40	269	326
48	213	269
60	177	213
70	136	177
84	106	135

Fuente: Agroexportadora Fruchincha

Figura 2.1 Defectos de la palta



Fuente: Corporación Industrial Uruapan

Durante el periodo entre la cosecha y el consumo, el control de la temperatura es el factor más importante para mantener la calidad de los frutos. Por ello, la refrigeración se utiliza para incrementar la vida de anaquel.

Las condiciones de almacenamiento para la palta verde están dadas por los parámetros de temperatura que oscilan de 3°C a 7°C con una humedad relativa entre 85% - 90%. (Manejo Postcosecha del Aguacate, 2002)

## Temperatura

La temperatura es “una propiedad de las sustancias que depende de la velocidad de las moléculas de un cuerpo. Mientras mayor es la velocidad molecular, más alta es la temperatura”. (Pita, 1991)

## Escalas de Temperatura

A través de la historia se han introducido varias mediciones de temperatura, las escalas de temperatura usadas actualmente en el SI y en el sistema inglés son la escala Kelvin y la escala Fahrenheit, pero también se usa la escala Celsius.

En la escala Celsius, los puntos de hielo y de vapor se les asignaron originalmente los valores de 0° y 100 °C, respectivamente. Los valores correspondientes en la segunda son 32°F y 212 °F. Las relaciones entre estas escalas son las siguientes:

$$T (K) = T (^{\circ}C) + 273.15 \quad (2.1)$$

$$T(^{\circ}F) = 1.8T (^{\circ}C) + 32 \quad (2.2)$$

## Presión

“La presión se define como la fuerza normal que ejerce un fluido por unidad de área”. (Cengel, 2012)

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.3)$$

Donde:

P: Presión (Pa)

F: Fuerza (N)

A: Área ( $m^2$ )

## Humedad relativa

Es la cantidad de vapor de agua expresada en porcentaje (%) que contiene una masa de aire, es también la relación existente de la presión del vapor de agua en el aire y la presión de vapor de agua si el aire estuviera saturado en su misma temperatura de bulbo seco. (Pita, 1994)

## Diagrama de fases

A continuación, se muestra un diagrama P – T de una sustancia pura, este se llama diagrama de fase, porque las tres fases están separadas unas de otras por tres líneas:

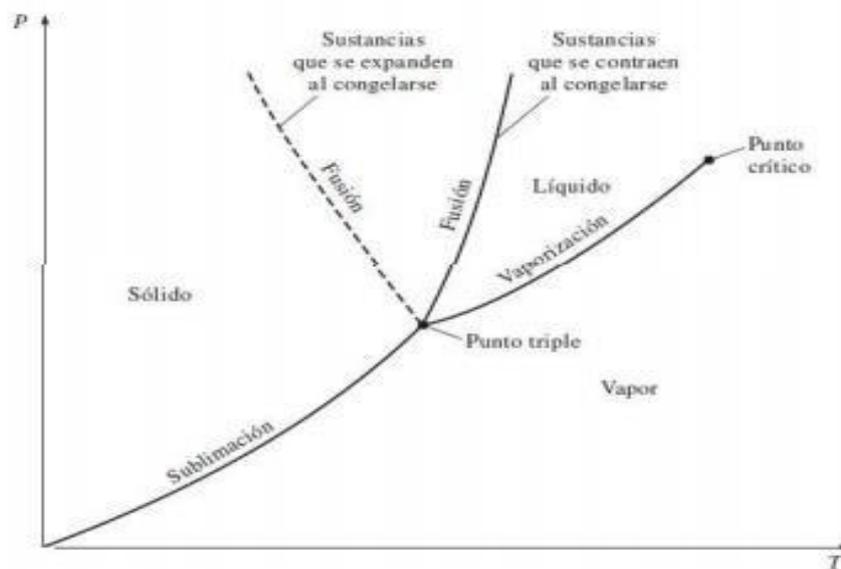
- Línea de sublimación: Separa las regiones sólidas y de vapor
- Línea de vaporización: Divide las regiones líquida y de vapor
- Línea de fusión: Divide las regiones sólidas y líquida.

Estas tres líneas convergen en un punto, el cual se llama punto triple donde las tres fases coexisten en equilibrio.

El punto triple del agua es 273.16K y 611.43 Pa. La línea de evaporación finaliza en un punto llamado el punto crítico porque por encima de este no es posible distinguir las fases líquida y de vapor.

El punto crítico es 374.14°C y 22.09 MPa. Las sustancias que se expanden y contraen al congelarse difieren solo en la línea de fusión como se muestra en la imagen.

Figura 2.2 Diagrama de fase



Fuente: (Cengel, 2012)

### Calor Latente

Se llama a la energía requerida por una cantidad de sustancia para cambiar de estado. (Solar Palau, 2019)

### Calor Sensible

Es la energía calorífica que se suministra a un cuerpo o un objeto para que aumente su temperatura sin afectar su estructura molecular.

### Entalpía

Es la cantidad de calor agregada a cada unidad de flujo másico que va a través de un sistema. (Stoecker, 1998)

## **Conductividad térmica**

Es una medida de la capacidad del material para conducir calor. (Cengel, 2012)

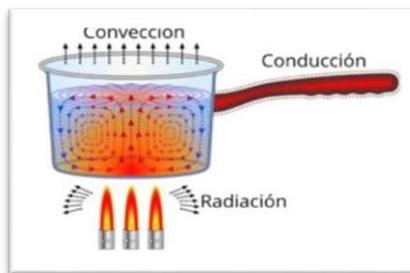
## **Termodinámica**

La termodinámica se ocupa de la transformación de la energía térmica en energía mecánica y del proceso inverso. La conversión del trabajo en calor. (Tippens, 2011)

## **Transferencia de calor**

Es una ciencia básica que trata de la rapidez de transferencia de energía térmica. (Cengel, , 2007)

Figura 2.3 Tipos de transferencia de calor



Fuente: Ingenieriaquimica.net

## **Tipos de forma de la transferencia de calor**

### **Transferencia de calor por conducción**

Es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre esas partículas. La conducción puede tener lugar en los sólidos, líquidos o gases. (Cengel, , 2007)

### **Transferencia de calor por convección**

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida, el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. (Cengel, , 2007)

## Transferencia de calor por radiación

La transferencia de calor por radiación no requiere la presencia de un medio intervector. De hecho, la transferencia de calor por radiación es la más rápida (a la velocidad de la luz) y no sufre atenuación en un vacío. Ésta es la manera en la que la energía del Sol llega a la Tierra. (Cengel, , 2007)

## Coefficiente global de transferencia de calor (U)

El coeficiente de transferencia de calor U, o su inverso R, la resistencia térmica, pueden ser determinados una vez conocidas las distintas resistencias a la transmisión de calor que presentan las diferentes capas que constituyen el cerramiento del recinto frigorífico. (Sanchez y Pineda, 2001)

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{f_i} + \sum \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{f_e} \quad (2.4)$$

Donde:

$f_i$ : Conductancia de superficie desde el interior del recinto

$f_e$ : Conductancia de superficie desde el exterior del recinto

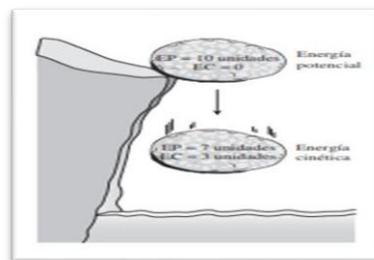
$k_n$ : Coeficiente de conductividad térmica del material

$x_n$ : Espesor del material aislante

## Primera Ley de la Termodinámica

La primera ley de la termodinámica es simplemente una expresión del principio de conservación de la energía, y sostiene que la energía es una propiedad termodinámica y que no se crea ni se destruye, solo se transforma. (Cengel, 2012)

Figura 2.4 La Energía no se crea ni se destruye, solo se transforma

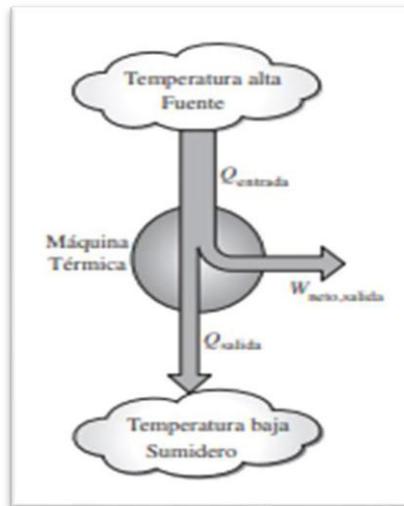


Fuente: (Cengel, 2012)

## Segunda Ley de la Termodinámica

La segunda ley de la termodinámica afirma que los procesos ocurren en cierta dirección y que la energía tiene calidad, así como cantidad. (Cengel, 2012)

Figura 2.5 Parte del calor que recibe una máquina térmica se convierte en trabajo, mientras que el resto es rechazado a un sumidero



Fuente: (Cengel, 2012)

## Refrigeración

La Refrigeración tiene diferentes definiciones, según los autores. Por ello citaremos algunas de ellas.

La refrigeración estudia la reducción y mantención de temperatura de un espacio o producto por debajo de la temperatura ambiente en el que se encuentra. (Sanchez y Pineda, 2001)

La refrigeración, conocida comúnmente como un proceso de enfriamiento, se define más correctamente como la remoción de calor de una sustancia para llevarla o mantenerla a una temperatura convenientemente baja, inferior a la temperatura del ambiente” (Pita, 1994)

## Sistemas de Refrigeración

Mencionaremos varios sistemas de refrigeración y clasificaciones ya sea desde el punto de vista de uso de maquinaria y desde el punto de vista de la aplicación.

Desde el punto de vista de uso de maquinaria

- Por compresión de vapor
- Por absorción
- Por electricidad
- Por magnetismo

Desde el punto de vista de la aplicación

- Refrigeración industrial
- Refrigeración comercial
- Refrigeración para la medicina
- Refrigeración marítima
- Refrigeración doméstica

### **Ciclo Ideal de Refrigeración por Compresión de Vapor**

Muchos de los aspectos imprácticos asociados con el ciclo invertido de Carnot pueden ser eliminados al evaporar el refrigerante por completo antes de que se comprima, y al sustituir la turbina con un dispositivo de estrangulamiento, tal como una válvula de expansión o un tubo capilar. El ciclo que resulta se denomina ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor, y se muestra de manera esquemática y en un diagrama T-s en la figura 2.7. El ciclo de refrigeración por compresión de vapor es el que más se utiliza en refrigeradores, sistemas de acondicionamiento de aire y bombas de calor. Se compone de cuatro procesos:

1-2 Compresión isentrópica en un compresor

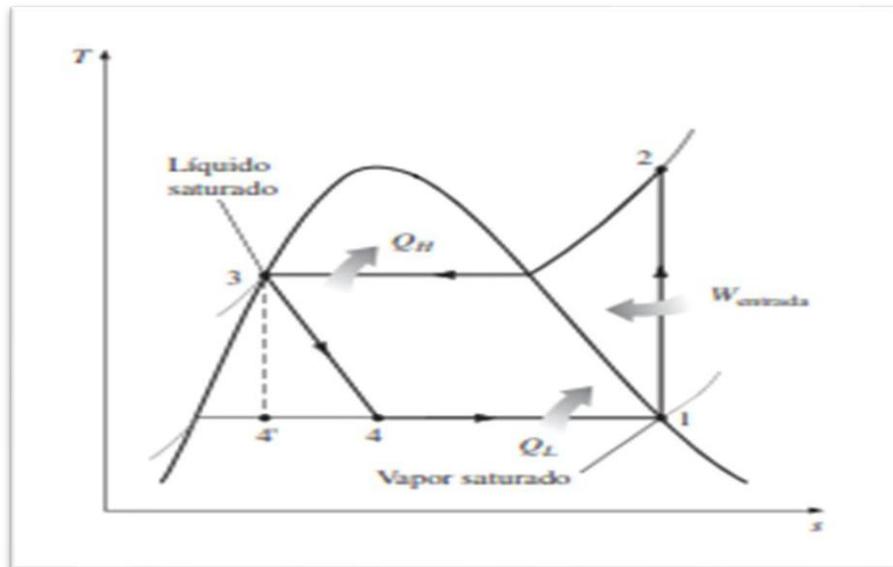
2-3 Rechazo de calor a presión constante en un condensador

3-4 Estrangulamiento en un dispositivo de expansión

#### 4-1 Absorción de calor a presión constante en un evaporador

En un ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor, el refrigerante entra al compresor en el estado 1 como vapor saturado y se comprime isentrópicamente hasta la presión del condensador. La temperatura del refrigerante aumenta durante el proceso de compresión isentrópica, hasta un valor bastante superior al de la temperatura del medio circundante. Después el refrigerante entra en el condensador como vapor sobrecalentado en el estado 2 y sale como líquido saturado en el estado 3, como resultado del rechazo de calor hacia los alrededores. La temperatura del refrigerante en este estado se mantendrá por encima de la temperatura de los alrededores. El refrigerante líquido saturado en el estado 3 se estrangula hasta la presión del evaporador al pasarlo por una válvula de expansión o por un tubo capilar. La temperatura del refrigerante desciende por debajo de la temperatura del espacio refrigerado durante este proceso. El refrigerante entra al evaporador en el estado 4 como un vapor húmedo de baja calidad, y se evapora por completo absorbiendo calor del espacio refrigerado. El refrigerante sale del evaporador como vapor saturado y vuelve a entrar al compresor, completando el ciclo. (Cengel, 2012)

Figura 2.6 Diagrama T-s para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor

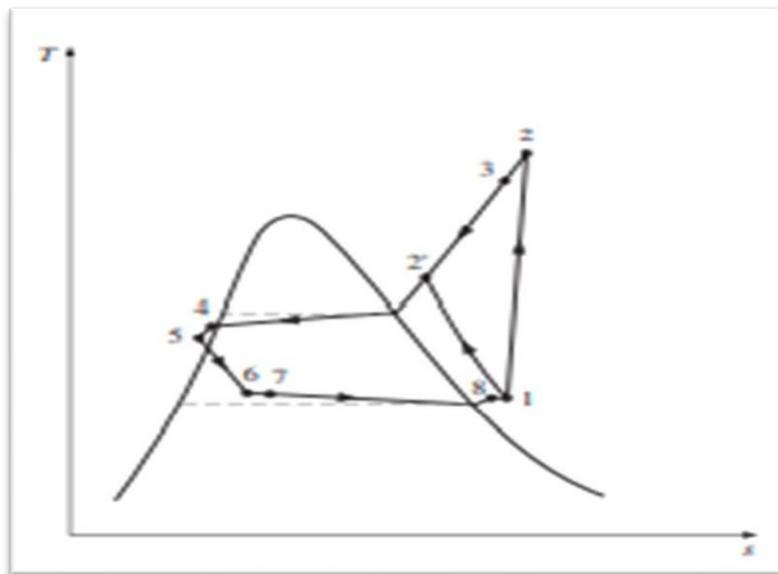


Fuente: Cengel, 2012

## Ciclo Real de Refrigeración por Compresión de Vapor

Un ciclo real de refrigeración por compresión de vapor difiere de uno ideal en varios aspectos, principalmente, debido a las irreversibilidades que ocurren en varios componentes. Dos fuentes comunes de irreversibilidad son la fricción del fluido (causas caídas de presión) y la transferencia de calor hacia o desde los alrededores. El diagrama T-s de un ciclo real de refrigeración por compresión de vapor se muestra en la figura 2.8. (Cengel, 2012)

Figura 2.7 Diagrama T-S para el ciclo real de refrigeración por compresión de vapor



Fuente: Cengel, 2012

## Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapor

Este tipo de ciclo es el más utilizado en la refrigeración comercial, doméstica e industrial. el ciclo traslada calor de un foco caliente al ambiente a través de un fluido que será llamado refrigerante.

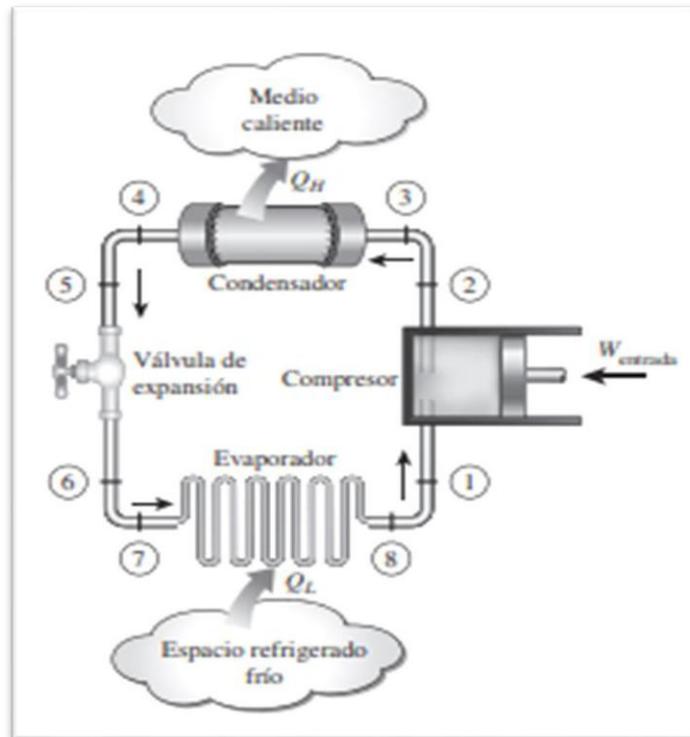
## Componentes Principales de un Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapor

El ciclo de Refrigeración se compone principalmente de los siguientes equipos.

- Compresor
- Condensador

- Evaporador
- Válvula de Expansión
- Refrigerante

Figura 2.8 Ciclo de Refrigeración por Compresión de vapor



Fuente: Cengel, 2012

### Compresores

Son dispositivos que se utilizan para incrementar la presión de un fluido. A estos dispositivos el trabajo se suministra desde una fuente externa a través de un eje giratorio, por lo tanto, los compresores requieren entrada de trabajo.

El compresor admite gas o vapor a una presión dada (presión de baja) descargándola a una presión superior (presión de alta). La energía necesaria para efectuar el trabajo la puede proporcionar un motor eléctrico y en raros casos una turbina de vapor. Los compresores más utilizados en refrigeración industrial son:

- Compresores centrífugos

Un compresor centrífugo se caracteriza por su flujo de descarga radial. El aire se aspira al centro de un rodete giratorio con hojas radiales y las fuerzas centrífugas lo empujan hacia el perímetro del rodete. El movimiento radial del aire produce de manera simultánea un aumento de presión y genera energía cinética. Antes de dirigir el aire hacia el centro del rodete de la siguiente etapa del compresor, pasa a través de un difusor y una voluta donde la energía cinética se convierte en presión. (Atlas Copco, 2021)

Figura 2.9 Compresor centrífugo



Fuente Danfoss.com

- Compresores de pistones

Equipo en el cual la compresión se realiza por el desplazamiento de un pistón en el interior de un cilindro. Pueden ser herméticos, semiherméticos o abiertos. Los herméticos se caracterizan por tener el compresor y el motor en un mismo compartimiento sellado. Por otro lado, los abiertos se caracterizan por tener el motor y el compresor acoplados exteriormente.

Figura 2.10 Compresor de Pistón



Fuente: Cenfrico.com

- Compresores tipo scroll.

El scroll es un tipo de compresor de desplazamiento orbital normalmente exento de aceite, es decir, comprime una cantidad determinada de aire en un volumen que disminuye de manera continua. El elemento compresor consta de una espiral fija en una carcasa y una espiral móvil excéntrica accionada por un motor. (Atlas Copco , 2021)

Figura 2.11 Compresor tipo scroll



Fuente: www.danfoss.com

- Compresores rotativos

Los compresores rotativos herméticos utilizan la acción giratoria de un rodillo dentro de un cilindro para comprimir el refrigerante. Los compresores rotativos, por diseño, incluyen menos partes que otros tipos de tecnología de compresión y ofrecen una opción alternativa y eficiente para diversas aplicaciones. Entre ellos tenemos a los compresores de paletas, de excéntrica, de espiral y de tornillo. (Tecumseh, 2018)

Figura 2.12 Compresor de Tornillo



Fuente: Catálogo Gea 2010

### **Condensador**

El condensador es un equipo de transferencia de calor, el objetivo principal del condensador en los sistemas de refrigeración es remover calor del vapor refrigerante que sale del compresor, de manera que el refrigerante se condense a su fase líquido logrando un efecto de refrigeración por evaporación. Los tipos de condensadores son los siguientes:

- Condensador enfriado por agua: En los tipos de condensadores enfriados por agua se pueden clasificar según su construcción, pueden ser de doble tubo, casco y serpentín, casco y tubos.

Figura 2.13 Condensador enfriado por agua



Fuente: Apema 2018

- Condensador enfriado por aire: El condensador enfriado por aire generalmente se construye de tubos con aletas dispuestas en hileras de serpentines. El refrigerante fluye por los tubos y el aire fluye en dirección cruzada entre los mismos.

Fuente 2.14 Condensador enfriado por aire



Fuente: [www.guntner.com](http://www.guntner.com)

- Condensador evaporativo: El condensador evaporativo transfiere calor principalmente por el efecto de enfriamiento causado por el agua que se evapora, la mayor parte de la transferencia de calor tiene lugar por la

evaporación del agua que pasa a la corriente del aire circundante, y una pequeña parte tiene lugar por el efecto de calor sensible.

Figura 2.15 Condensador evaporativo



Fuente: [www.evapco.com.br](http://www.evapco.com.br)

## Evaporador

Un evaporador es un intercambiador de calor utilizado en los sistemas refrigerantes, donde se intercambia energía térmica proveniente desde un medio el cual se busca enfriar para enviarlo a un fluido refrigerante que va a estar circulando en el interior del dispositivo. (Comofunciona.com, 2021)

- Evaporadores de expansión seca: en este tipo de evaporadores de expansión seca, la cantidad de refrigerante alimentado por el dispositivo de control de flujo es justo para que se evapore en su totalidad antes de salir del evaporador.
- Evaporadores de serpentín inundados: En este tipo de evaporador la cantidad de refrigerante que circula a través del serpentín es mucho mayor que la necesaria para la carga requerida de refrigeración, de manera que la pared del tubo se moja completamente con el líquido. El líquido que no se evapora, se recircula nuevamente a través del acumulador, mientras el vapor se separa en la parte superior del mismo y fluye hasta la línea de succión de sistema.

- Evaporadores de ventilación forzada: Son los evaporadores que se utilizan para enfriar el aire, y que están equipados con ventiladores para hacer pasar el aire entre los serpentines con refrigerante.

Figura 2.16 Evaporador de ventilación forzada



Fuente: [www.bohn.com.mx](http://www.bohn.com.mx)

### Unidad Condensadora

Es el conjunto de elementos formados por el condensador y moto compresor el cual tiene como función comprimir los vapores refrigerantes provenientes del evaporador y expulsar el calor absorbido por este retornándolo en estado de líquido sub enfriado o saturado hacia el evaporador. (Alarcón Creus, 2000)

Figura 2.17 Unidad condensadora Bohn



Fuente: HB Refrigeración

## Dispositivo de control y regulación de flujo

Existen distintos equipos para realizar esta tarea, van desde válvulas termostáticas, válvulas de expansión electrónicas de pulsos, válvulas de expansión manuales, tubos capilares. Los dispositivos de control de flujo tienen dos principales funciones en los sistemas de refrigeración:

- Regular el flujo del refrigerante líquido que se alimenta al vapor, según sea la demanda.
- Debe crear una caída de presión, desde el lado de alta al lado de baja presión del sistema. Esta caída de presión da por resultado la expansión del refrigerante que fluye a través el dispositivo, haciendo que una pequeña cantidad del mismo se evapore de manera que se enfríe hasta la temperatura de evaporación.

### Válvula de expansión termostática

Este dispositivo tiene la función de regular el flujo de refrigerante que ingresa desde la línea de líquido hacia el evaporador, dividir la zona de alta presión y baja presión del sistema de refrigeración.

La válvula de expansión termostática opera manteniendo un grado de recalentamiento impidiendo así que salga el refrigerante en estado líquido al compresor y a su vez asegura que el serpentín del evaporador se mantenga lleno de refrigerante en su operación. (Sanchez y Pineda, 2001)

Figura 2.18 Válvula de Expansión Termostática



Fuente: [www.danfoss.com](http://www.danfoss.com)

## Válvula Solenoide

La válvula de solenoide es un dispositivo operado eléctricamente, y es utilizado para controlar el flujo de líquidos o gases en posición completamente abierta o completamente cerrada. (Climas Monterrey, 2021)

Figura 2.19 Válvula solenoide



Fuente: [www.danfoss.com](http://www.danfoss.com)

## Presostatos

Son dispositivos que son accionados por medio de las presiones alta y baja del sistema de refrigeración, ya que tienen la función de reponer o interrumpir el circuito eléctrico cada vez que la presión controlada alcanza el valor programado. (Sanchez y Pineda, 2001)

Figura 2.20 Presostato dual



Fuente: [www.danfoss.com](http://www.danfoss.com)

### **Línea de líquido**

Tubo o tubería que transporta el refrigerante líquido desde el condensador o receptor de un sistema de refrigeración a un dispositivo reductor de presión.

### **Línea de succión**

Tubo o tubería la cual transporta el refrigerante en estado de vapor, desde el evaporador a la entrada del compresor

### **Línea de descarga**

Tubo o tubería la cual transporta el refrigerante en estado de vapor, desde el compresor al condensador.

### **Refrigerantes**

Es el líquido utilizado en la transmisión de calor que, en un sistema de refrigeración, absorbe calor a bajas temperaturas y presión, cediéndolo a temperatura y presión más elevadas.

Los refrigerantes actuales se dividen en:

- Compuestos Puros: un solo tipo de moléculas. Tenemos al el R12, R134a.
- Mezclas Azeotrópicas: se componen de 02 moléculas. Tenemos al R500, R501, R502, R507
- Mezclas Zeotrópicas: se componen de 02 o más moléculas. Tenemos al R401A, R401B, R409A, R404A.
- Refrigerantes naturales: Amoniaco, CO2.

Tabla 2.4 Inflamabilidad y toxicidad de los refrigerantes

	Toxicidad →		
Inflamabilidad ↑	<b>Alta</b>	<b>A3</b> R-290, R-600 R-1270	<b>B3</b>
	<b>Media</b>	<b>A2</b> A2L R-1234yf	<b>B2</b> R-717 B2L
	<b>Nula</b>	<b>A1</b> R-22, R134a R744	<b>B1</b>

Fuente: Ashrae, 2019

Para el sistema de refrigeración, se optó utilizar el R-134a y no el R507A por lo mostrado en la siguiente imagen.

Tabla 2.5 Comparativo entre R134a y 507<sup>a</sup>

Refrigerantes	R-134a	R-507a
<b>Familia</b>	HFC	HFC
Pot. Agotamiento de Ozono	0	0
Pot. Calentamiento Global	1430	3985
T. ebullición °C	-26.07	-46.74
<b>Grupo de Seguridad</b>	A1	A1
<b>Precio</b>	\$ 124.18	\$ 150.18

Fuente: Archivos HB Refrigeración

## Materiales termoaislantes y accesorios

### Paneles termoaislantes

Los materiales aislantes tienen la función de proteger las instalaciones climatizadas de las ganancias de calor a través de las paredes. Se caracterizan por tener una baja conductividad térmica.

En la actualidad, los materiales más usados para el aislamiento de cámaras frigoríficas son:

- Poliéstireno expandido: También conocido como POL, este tipo de material es el más usado en las construcciones de plantas procesadoras agroindustriales en el Perú. Las características de este panel son:

Tabla 2.6 Características del panel termoaislante POL

Ancho útil del panel	1180 mm
Láminas de acero	Aluzinc pre-pintado AZ 200(ASTM A792) Galvanizado pre-pintado ANTIBACTERIAL (ASTM A653 G90)
Pintura	20 micras de pintura poliéster estándar(líquida) antibacterial / PVDF sobre 5 micras primer epóxico
Espesor de acero	0.5mm (otros espesores bajo consulta)
Espesores del núcleo	40, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250 y 300 mm
Densidad del poliéstireno	20 kg/m <sup>3</sup>
Conductividad térmica del núcleo	0.036 W/m-K
Largo de panel	En función del proyecto

Fuente: (Paneles Termo-aislantes, 2021)

- Poliuretano: También conocido como PUR. Este tipo de material tiene una conductividad térmica de  $0,020 \frac{W}{m \cdot K}$  y evita la propagación del fuego en caso de incendios.

Tabla 2.7 Características del panel termoaislante PUR

Ancho útil del panel	1160 mm
Espesor del núcleo	40 mm - 50 mm
Láminas de acero	Aluzinc pre-pintado AZ 200(ASTM A792) Galvanizado pre-pintado ANTIBACTERIAL (ASTM A653 G90)
Pintura	20 micras de pintura poliéster estándar(líquida) antibacterial / PVDF sobre 5 micras primer epóxico
Espesor de acero	Entre 0.4 mm y 0.6mm
Espesores del núcleo	40, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250 y 300 mm
Densidad del poliuretano	35 - 40 kg/m <sup>3</sup>
Conductividad térmica del núcleo	0.020 W/m-K
Largo de panel	hasta 15 m

Fuente: (Paneles Termo Aislantes, 2021)

- Poliisocianurato: También conocido como PIR. es una variante de la espuma de poliuretano (PUR) manteniendo prácticamente iguales su apariencia, sus propiedades mecánicas y térmicas, diferenciándose por su mayor resistencia al fuego y a la temperatura.

Tabla N° 2.8 Características del panel termoaislante PIR

Ancho útil del panel	1150 mm
Espesor de acero	Entre 0.4 mm y 0.6mm
Espesores del núcleo	60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 230 (mm)
Densidad del poliuretano	35 - 40 kg/m <sup>3</sup>
Conductividad térmica del núcleo	0.0195 W/m-K
Largo de panel	hasta 18 m

Fuente: (Hurre Iberica, 2021)

### **Puertas Frigoríficas**

Las puertas frigoríficas son las que permiten el acceso a las cámaras refrigeradas. Están compuestas de accesorios de aluminio y acero inoxidable, cuyo espesor es de Poliuretano. A continuación, mencionaremos las puertas de mayor uso en plantas procesadoras para fruta.

- Puerta Corredera.
- Puerta Pivotante.
- Puerta Batiente.
- Puerta rápida enrollable.
- Puerta seccional.

Figura 2.21 Puerta frigorífica



Fuente: [www.puertas.pe](http://www.puertas.pe)

### **Perfiles sanitarios de PVC**

Estos accesorios se instalan en las juntas paralelas de los paneles termoaislantes. Tienen la función de facilitar la limpieza de en las juntas y evitar el alojamiento de agentes patógenos.

Figura 2.22 Perfil Sanitario PVC



Fuente: [www.infrac.com](http://www.infrac.com)

### **Esquineros internos de PVC**

Estos accesorios se instalan en el encuentro de los paneles laterales y el panel de techo.

Figura 2.23 Esquinero interno de PVC



Fuente: [www.b-hygienicperu.com](http://www.b-hygienicperu.com)

### **Zócalos sanitarios de PVC**

Estos accesorios se instalan entre el piso y el panel termoaislante.

Figura 2.24 Zócalo Sanitario de PVC



Fuente: [www.novaflex-group.com](http://www.novaflex-group.com)

## Colgadores Metálicos

Estos accesorios sirven para sostener los paneles de techo y van amarrados a la estructura de la nave industrial.

Figura 2.25 Colgador metálico



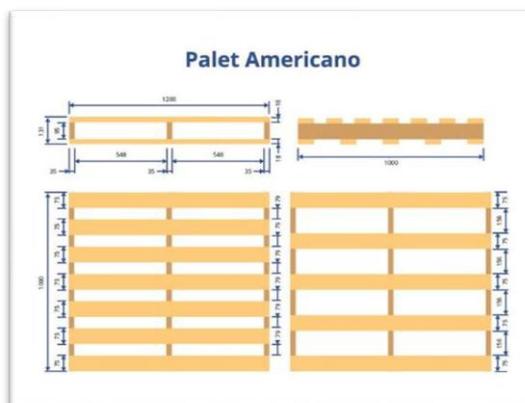
Fuente: [www.novaflex-group.com](http://www.novaflex-group.com)

## Pallet

Los **pallets** son plataformas rígidas portátiles que se usan para consolidar envíos y permitir el fácil traslado de carga. Los **pallets** de calidad están hechos generalmente de madera o plástico y pueden pesar entre 9 y 31 kilogramos. (UPS, 2021)

El modelo de pallet usado para la exportación es el americano o isopalet, cuya fabricación está bajo la norma **UNE-EN 13698-2:2010**.

Figura 2.26 Pallet Americano



Fuente: <https://blog.logismarket.es/medidas-palets-estandares-extendidos/>

## **DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA**

### **Parámetros de diseño**

Son los parámetros iniciales que debemos considerar para el dimensionamiento y cálculo de la cámara frigorífica.

### **Ubicación del proyecto**

Lugar en donde se construirá la cámara frigorífica y de donde se obtendrán valores como temperatura y humedad relativa del ambiente.

### **Tipo de cámara frigorífica**

Dependiendo el uso al que será destinada, tenemos

- Cámara de conservación: su función es mantener el producto a temperaturas mayores a 0 °C.
- Túnel de enfriamiento: su función es disminuir el producto de la temperatura a la que ingresa hasta la temperatura requerida y mayor a 0 °C en un determinado tiempo.
- Cámara de congelado: su función es mantener el producto a temperaturas menores de 0°C.
- Túnel de congelado: su función es disminuir el producto de la temperatura a la que ingresa hasta la temperatura requerida y menor a 0 °C en un determinado tiempo.

### **Capacidad de almacenamiento**

Es la cantidad de producto que podrá ingresar a la cámara frigorífica para ser almacenado a cierta temperatura.

### **Rotación diaria del producto**

Es la cantidad diaria de producto que ingresará a la cámara de almacenamiento, parámetro importante al calcular las cargas térmicas. En caso que no sepamos cual sería la rotación diaria, podemos considerar lo siguiente:

- Para conservación: la rotación diaria sería el 30% de la capacidad de almacenamiento.
- Para congelado: la rotación diaria sería el 10% de la capacidad de almacenamiento.

### **Temperatura de ingreso del producto**

Es la temperatura a la que el producto va a ingresar a la cámara de almacenamiento.

### **Temperatura de conservación**

Es la temperatura que se necesita para conservar las propiedades del producto.

### **Dimensionamiento de la cámara de almacenamiento**

Sabiendo las dimensiones del espacio disponible por el cliente y los siguientes datos.

- Capacidad de producción diaria
- Rotación

Se procede a calcular la capacidad de almacenamiento de la cámara.

$$C_{alm} = C_{pd} * R \quad (2.5)$$

Donde:

$C_{alm}$ : Capacidad de almacenamiento (Tn)

$C_{pd}$ : Capacidad de producción diaria (Tn/día)

**R:** Rotación diaria (día)

Sabiendo que las medidas de un pallet son de 1.2m x 1m, se procede a calcular el largo y ancho de la cámara.

$$L_c = N_p * 1m + D_m + D_e \quad (2.6)$$

Donde:

$L_c$ : Largo de la cámara (m)

$D_m$ : Distancia para maniobras, valor oscila de 3.20m a 3.50m. (Fuente: Archivos HB Refrigeración) (m)

$D_e$ : Distancia entre el pallet y el panel, valor oscila de 1.30m a 1.50m (Fuente: Archivos HB Refrigeración) (m)

$$A_c = N_f * 1.2 + (N_f - 1)e_f + 2 * D_{pp} \quad (2.7)$$

Donde:

$A_c$ : Ancho de la cámara (m)

$N_f$ : Número de filas de pallets

$e_f$ : espacio entre filas (m)

$D_{pp}$ : Distancia para el pase de personas (m)

$$H_c = H_p + D_{pt} \quad (2.8)$$

Donde:

$H_c$ : Altura de la cámara (m)

$H_p$ : Altura de pallet con producto (m)

$D_{pt}$ : Distancia entre el pallet y el techo (m) (Fuente: Archivos HB Refrigeración)

### **Cálculo del espesor del panel aislante**

Usamos la siguiente fórmula para obtener el espesor del panel. (Sanchez y Pineda, 2001)

$$e = \frac{(T_{ex}-T_i)*\lambda}{Cte} \quad (2.9)$$

Donde:

e: espesor del panel aislante (m)

$T_{ex}$ : temperatura exterior de la cámara (°C)

$T_i$ : temperatura interior de la cámara (°C)

$\lambda$ : coeficiente de conductividad térmica del panel aislante [ $\frac{W}{m \cdot ^\circ C}$ ]

Cte.:

- Para temperaturas de cámaras mayores a 0°C; (8 a 9 [ $\frac{W}{m \cdot ^\circ C}$ ])
- Para temperaturas de cámaras menores a 0°C; (6 a 7 [ $\frac{W}{m \cdot ^\circ C}$ ])

### Cálculo de cargas térmicas

El calor total que es necesario quitar o remover en un proceso de refrigeración viene dado por la sumatoria de las siguientes cargas térmicas.

$$Q_t = Q_{pr} + Q_{cr} + Q_{em} + Q_{tr} + Q_{il} + Q_e + Q_{in} + Q_{oc} \quad (2.10)$$

$Q_t$ = Carga térmica total

$Q_{pr}$ = Carga térmica del producto

$Q_{cr}$ = Carga térmica por respiración del producto

$Q_{em}$ = Carga térmica debido al embalaje

$Q_{tr}$ = Carga térmica por transmisión de calor a través de las paredes, techo y piso.

$Q_{il}$ = Carga térmica debido a la iluminación

$Q_e$ = Carga térmica debido a los motores

$Q_{in}$ = Carga térmica por infiltración de aire a través del acceso a la cámara

$Q_{oc}$ = Carga térmica liberada por los trabajadores

- **Carga térmica del producto**

Para calcular esta carga utilizaremos la temperatura de conservación del producto y la temperatura a la que entra el producto a la cámara frigorífica, así, como también, el calor específico del producto con base a la ecuación.

$$Q_{pr} = \dot{m} \times C_{ep} \times (\Delta T) \quad (2.11)$$

Donde:

$Q_{pr}$ : carga térmica del producto  $\left(\frac{kcal}{hr}\right)$

$\dot{m}$ : masa del producto que ingresa por hora  $\left(\frac{kg}{hr}\right)$

$C_{ep}$ : calor específico del producto  $\left(\frac{kcal}{kg \cdot ^\circ C}\right)$

$\Delta T$ : diferencia de la temperatura de ingreso del producto hasta la temperatura de conservación del producto. ( $^\circ C$ )

- **Carga térmica por respiración del producto**

Las frutas desprenden constantemente calor y aún en condiciones de almacenamiento como consecuencia de los procesos fisiológicos que se dan en el producto es prescindible evacuar este calor.

La carga por este concepto se obtiene multiplicando la masa del producto a conservar por el calor de respiración del producto referido a la temperatura de conservación dada. Esto es:

$$Q_{cr} = m \times C_r \quad (2.12)$$

Donde:

$Q_{Cr}$ : Carga térmica por respiración del producto ( $\frac{kcal}{hr}$ )

$m$ : masa del producto que ingresa (kg)

$C_r$ : calor de respiración ( $\frac{Kcal}{kg.hr}$ )

Tabla 2.9 Calor de respiración de la palta

Temperatura	5°C (41°F)	10°C(50°F)	20°C (68°F)
mL CO2 / kg.h	10-25	25-80	40-150

Fuente: <https://www.frutas-hortalizas.com/>

Para calcular el calor de respiración, se multiplica ml CO2/kg.hr por 440 para obtener Btu/ton.dia

Para la  $T_{conservación} = +6°C$ , interpolamos y obtenemos valores de 13 – 36.

$$C_r = 0.118 \frac{btu}{lb.hr} <> 0.066 \frac{Kcal}{kg.hr}$$

- **Carga térmica debido al embalaje**

El embalaje ya sea de cartón o de plástico, genera un calor el cual se debe de calcular.

$$Q_{em} = m_i * C_{em} * (\Delta T) \quad (2.13)$$

$Q_{em}$ : carga térmica por el embalaje ( $\frac{kcal}{hr}$ )

$m_i$ : masa del embalaje que entra por hr ( $\frac{kg}{hr}$ )

$C_{em}$ : calor específico del embalaje ( $\frac{kcal}{kg.°C}$ )

$\Delta T$ : diferencia de la temperatura de ingreso del embalaje hasta la temperatura de conservación de la cámara. (°C)

- **Carga térmica por transmisión de calor a través de paredes, techo y piso**

La tasa total de calor que entra en la cámara por transmisión a través de paredes y techo, viene dada por la expresión:

$$Q_{tr} = A * U * \Delta T \quad (2.14)$$

Donde:

$Q_{tr}$ : Carga térmica por transferencia de calor en paredes, techo y piso  $\left(\frac{kcal}{hr}\right)$

A: Área de la superficie de la pared ( $m^2$ )

$\Delta T$ : Diferencia de temperatura entre el interior y exterior de la pared. ( $^{\circ}C$ )

U: coeficiente global de transmisión de calor en función al material utilizado

Para calcular U, usamos la ecuación 2.4

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{f_i} + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{f_e}$$

Donde:

$\frac{1}{f_i}$ : conductancia en la superficie interior

$\frac{1}{f_e}$ : conductancia en la superficie exterior

k: conductividad térmica del material aislante

x: espesor del material aislante

La conductancia del aire en la superficie interior es de  $1.65 \frac{Btu}{ft^2 \cdot hr \cdot ^{\circ}F}$  o  $9.37 \frac{W}{m^2 \cdot ^{\circ}K}$  y

en la superficie exterior es de  $4 \frac{Btu}{ft^2 \cdot hr \cdot ^{\circ}F}$  o  $22.71 \frac{W}{m^2 \cdot ^{\circ}K}$ . (Dossat, 1991).

- **Carga térmica por iluminación**

La instalación de luminarias dentro de una cámara de almacenamiento es indispensable, por ello la cantidad de calor que liberan se obtiene de la siguiente fórmula.

$$Q_{il} = A \times Factor \times 0,860 \frac{Kcal}{h.w} \quad (2.15)$$

Donde:

$Q_{il}$ : Carga térmica por iluminación ( $\frac{kcal}{hr}$ )

A: área de piso ( $m^2$ )

Factor:  $10(\frac{w}{m^2})$  para una cámara convencional

$30(\frac{w}{m^2})$  para ambientes de proceso

- **Carga térmica debido al personal**

Las personas que se encuentran dentro del espacio refrigerado, también contribuyen a la carga de refrigeración, pero de forma variable en función de varios factores como el nivel de temperatura del espacio refrigerado, tipo de actividad que realizan, tipo de ropa que emplean y tamaño de la persona. La contribución de carga térmica ( $C_d$ ) de una persona, con una actividad media y en función de la temperatura del espacio refrigerado (T) puede ser estimada mediante la siguiente expresión (Ashrae, 2000)

$$C_d = 272 - 6T \quad (2.16)$$

$$Q_{oc} = N_p * C_d \quad (2.17)$$

Donde:

$Q_{oc}$ : Carga térmica producida por los ocupantes.

$N_p$ : Número de personas

$C_d$ : Calor disipado por personas.

La tabla 2.10 muestra la carga térmica promedio de una persona en un espacio refrigerado. Sin embargo, apenas las personas ingresan al espacio refrigerado representan un ingreso adicional de calor a la carga de refrigeración, y como resultado de esto, si las personas entran y salen en cortos periodos de tiempo, la carga a considerar es mayor que la mostrada en la tabla 2.10 y debe ser corregida, multiplicando el valor de la tabla 2.10 por 1.25.

Tabla 2.10 Carga térmica equivalente de ocupación por persona

Temperatura del espacio refrigerado, °C	Carga térmica equivalente/persona, W
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390

Fuente: ASHRAE 2010:370

- **Carga térmica debido a los equipos dentro de la cámara**

Tabla 2.11 Carga Térmica de Motores Eléctricos Típicos (ASHRAE 2010:370)

Potencia del motor		Tipo de motor	Velocidad nominal	Eficiencia Plena Carga	Localización del motor y equipo impulsado respecto del espacio refrigerado		
HP	kW				Motor y equipo adentro	motor afuera y equipo	motor adentro y equipo
			RPM	%	W	W	W
0.05	0.04	Polo Sombreado	1500	35	105	35	70
0.08	0.06	Polo Sombreado	1500	35	170	59	110
0.125	0.09	Polo Sombreado	1500	35	264	94	173
0.16	0.12	Polo Sombreado	1500	35	340	117	223
0.25	0.19	Fase partida	1750	54	346	188	158
0.33	0.25	Fase partida	1750	56	439	246	194
0.5	0.37	Fase partida	1750	60	621	372	249
0.75	0.56	Trifásico	1750	72	776	557	217
1	0.75	Trifásico	1750	75	993	747	249
1.5	1.1	Trifásico	1750	77	1453	1119	334
2	1.5	Trifásico	1750	79	1887	1491	396
3	2.2	Trifásico	1750	81	2763	2238	525
5	3.7	Trifásico	1750	82	4541	3721	817
7.5	5.6	Trifásico	1750	84	6651	5596	1066
10	7.5	Trifásico	1750	85	8760	7178	1315
15	11.2	Trifásico	1750	86	13009	11192	1820
20	14.9	Trifásico	1750	87	17140	14913	2230
25	18.6	Trifásico	1750	88	21184	18635	2545
30	22.4	Trifásico	1750	89	25110	22370	2765
40	30	Trifásico	1750	89	33401	39885	3690
50	37	Trifásico	1750	89	41900	37210	4600
60	45	Trifásico	1750	89	50395	44829	5538
75	56	Trifásico	1750	90	62115	55962	3210
100	75	Trifásico	1750	90	82918	74719	8290
125	93	Trifásico	1750	90	103430	93172	10342
150	110	Trifásico	1750	91	123060	111925	11075
200	150	Trifásico	1750	91	163785	149135	14738
250	190	Trifásico	1750	91	204805	186346	18430

Fuente: ASHRAE 2010:370

- **Carga térmica por infiltración de aire a través del acceso a la cámara**

Es la ganancia de calor debido a las renovaciones de aire que teóricamente son apropiadas para la correcta conservación del producto, este número de renovaciones se calcula por medio de tablas o formulas empíricas que pueden suministrar diversos fabricantes de unidades frigoríficas, el calor ganado dentro del espacio refrigerado depende también de la diferencia de entalpías del aire exterior e interior de la cámara. (Sanchez y Pineda, 2001)

$$Q_{in} = V * N * \left( \frac{\rho_i + \rho_e}{2} \right) * \Delta h \quad (2.18)$$

Donde:

$Q_{in}$ : Carga térmica por infiltración de aire

$\frac{\rho_i + \rho_e}{2}$ : Densidad media del aire de las condiciones interiores y exteriores

$V$ : Volumen de la cámara frigorífica

$N$ : Número de renovaciones de aire al día

$\Delta h$ : Diferencia de entalpías entre el aire exterior y el aire interior  $\left( \frac{kcal}{kg} \right)$

Tabla 2.12 Cambios de aire promedio por día para cuartos de almacenaje arriba de 0°C debido a la abertura de puertas e infiltración

Volumen (m <sup>3</sup> )	Cambios de aire en 24hr	Volumen (m <sup>3</sup> )	Cambios de aire en 24hr	Volumen (m <sup>3</sup> )	Cambios de aire en 24hr
6	44	60	12	750	3
7.5	38	90	9.5	900	2.7
9	34.5	120	8.2	1200	2.3
12	29.5	150	7.2	1500	2.0
15	26	180	6.5	2250	1.6
18	23	240	5.5	3000	1.4
24	20	300	4.9	4500	1.2
30	17.5	450	3.9	6000	1.1
45	14	600	3.5	9000	1

Fuente: [http://firc.com.mx/memoriasPDF/CALCULO\\_DE\\_CARGAS.pdf](http://firc.com.mx/memoriasPDF/CALCULO_DE_CARGAS.pdf)

## Capacidad frigorífica

Conocida también como potencia frigorífica es la capacidad que tiene el sistema para retirar el flujo de calor ganado y disminuir la temperatura del cuarto frío también se describe como la relación equivalente a la suma de cargas térmicas, las cuales se obtienen bajo un periodo de 24 horas, y el tiempo de operación del compresor o compresores, el cual se puede calcular de la siguiente manera. (Sanchez y Pineda, 2001)

$$\text{Capacidad frigorífica} = \frac{Q_{pr} + Q_{cr} + Q_{em} + Q_{tr} + Q_{il} + Q_e + Q_{in} + Q_{oc}}{T_{op}} \quad (2.19)$$

## Selección de Refrigerante

El refrigerante R-134a de Freón, es de tipo HFC (Hidrogeno, flúor y carbono). Al ser un producto libre de cloro su ODP (coeficiente que mide la capacidad destructiva de la capa de ozono) es igual a cero. El R-134a tiene una mejor conductividad de calor. Esto reduce considerablemente el consumo de refrigerante.

## Tiempo de operación

Es el tiempo de funcionamiento del motor compresor o unidad condensadora para lograr el enfriamiento del producto a las condiciones programadas.

## Selección de equipos de refrigeración

Cuando la capacidad frigorífica ha sido calculada, se procede a seleccionar los equipos tomando en cuenta los criterios de diseño o información obtenida del trabajo de reconocimiento, los factores que determinan en la selección de equipos son:

- Capacidad frigorífica
- Temperatura de evaporación
- Temperatura de condensación

## Temperatura de evaporación

Es la temperatura a la cual el refrigerante inicia a evaporarse dentro del serpentín del evaporador. La temperatura de evaporación se obtiene de la siguiente ecuación. ( (Dossat, 1991)

$$T_{evap} = T_{cam} - DT_{evap} \quad (2.20)$$

Donde:

$T_{evap}$ : Temperatura de evaporación

$T_{cam}$ : Temperatura de la cámara frigorífica

$DT_{evap}$ : Diferencial de temperatura de evaporación

Para determinar el DT, se puede usar la siguiente tabla según la Humedad Relativa (H.R) que se debe tener dentro de la cámara frigorífica.

Tabla 2.13 Elección del DT en base a la Humedad Relativa

Humedad Relativa (%)	Convección natural (°F)	Convección forzada (°F)
95-91	12-14	8-10
90-86	14-16	10-12
85-81	16-18	12-14
80-76	18-20	14-16
75-70	20-22	16-18

Fuente: Roy Dossat

## Temperatura de condensación

Es la temperatura a la cual el refrigerante inicia a condensarse dentro del serpentín del condensador. La temperatura de condensación se obtiene de la siguiente ecuación:

$$T_{cond} = T_{amb} + DT_{cond} \quad (2.21)$$

Donde:

$T_{cond}$ : Temperatura de condensación

$T_{amb}$ : Temperatura ambiente

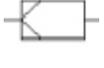
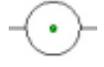
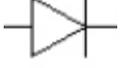
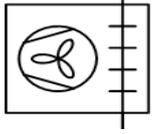
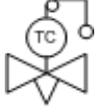
$DT_{cond}$ : Diferencial de temperatura de condensación (18 °F recomendado por el fabricante BOHN)

### 2.1.2 Aspectos normativos

- Norma 370 – ASHRAE 2010 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)
- Norma 34 – ASHRAE 2010 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) (Ashrae, 2019)
- Norma Técnica A.010 (RNE, 2014)

### 2.1.3 Simbología técnica

Tabla 2.14 Simbología de las partes de un sistema de refrigeración

Símbolo	Nombre
	Válvula de paso
	Filtro desecante
	Visor
	Acumulador de succión
	Control de presión
	Compresor
	Tanque recibidor
	Válvula check
	Separador de aceite
	Evaporador / Condensador
	Válvula de expansión termostática
	Válvula Solenoide

## **2.2 Descripción de las actividades desarrolladas**

### **2.2.1 Etapas de las actividades**

El diseño de la cámara frigorífica para almacenamiento de palta de exportación con capacidad de 132 Tn se realizó en tres semanas durante el mes de agosto del 2017, ejecutados en cuatro etapas que se describe a continuación.

#### **Etapa 1. Visita técnica**

En esta etapa se coordinó con el cliente una visita técnica a su planta procesadora ubicada en la ciudad de Tambo grande, a 50 km de la ciudad de Piura. Durante la visita hicimos un recorrido por las instalaciones para conocer el flujo del proceso de la fruta y levantar información de los posibles lugares donde se podría instalar la cámara frigorífica solicitada.

#### **Etapa 2. Parámetros de Diseño**

Dentro de esta etapa, se procedió a revisar los requerimientos del cliente, así como la información obtenida en campo referente a las condiciones y capacidad de almacenamiento de la cámara frigorífica.

#### **Etapa 3. Diseño de la cámara frigorífica**

En esta etapa, se realizaron diversas actividades para obtener las dimensiones de la cámara frigorífica, espesor del material aislante, cálculo de cargas térmicas y selección de equipos.

#### **Etapa 4. Elaboración de documentación**

Después de haber realizado los cálculos correspondientes para el diseño de la cámara frigorífica, se procedió a la elaboración de documentación que se debe presentar al cliente como presupuesto, plano esquemático del sistema de refrigeración, plano de arquitectura y cronograma de avance de obra.

A continuación, en la tabla 2.14 se indica las actividades pertenecientes a cada una de las etapas de diseño.

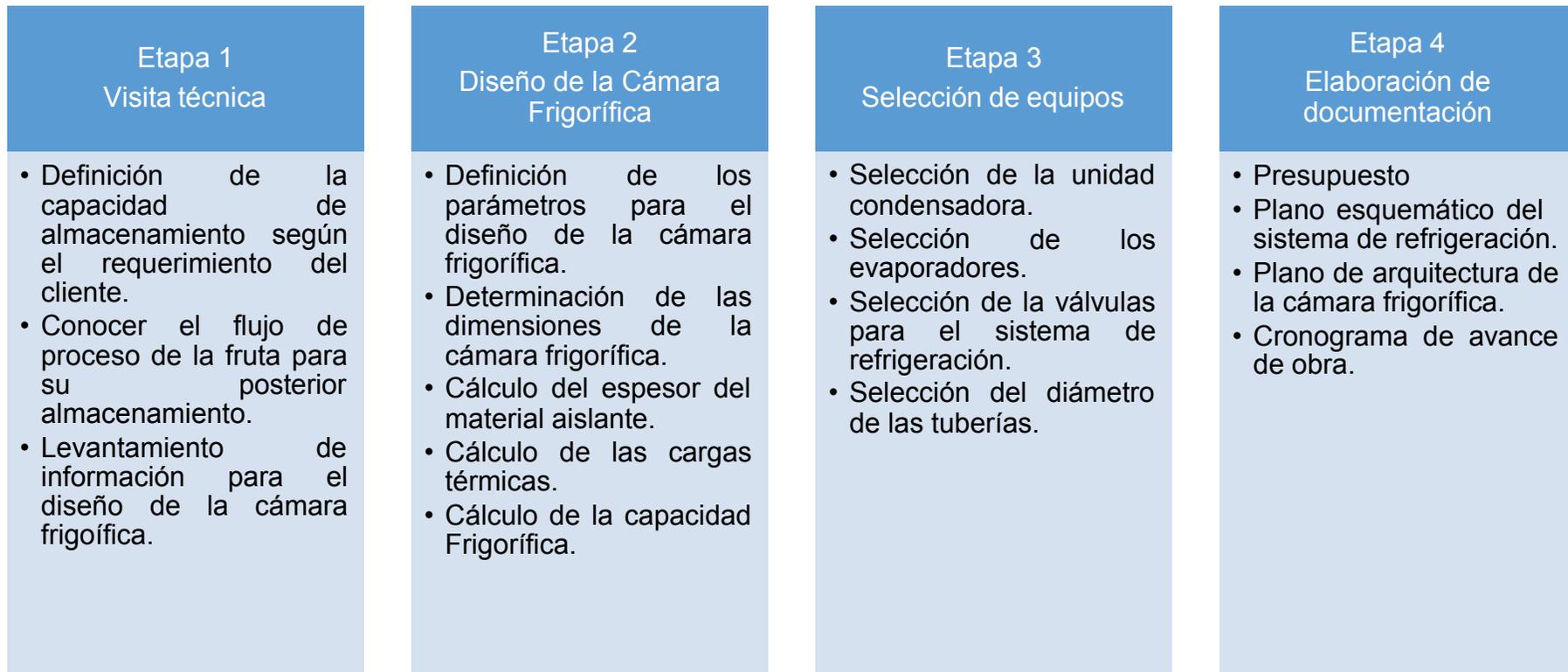
Tabla 2.15 Etapas del proyecto

ETAPA 1: Visita Técnica	ETAPA 2: Diseño de la Cámara Frigorífica	ETAPA 3: Selección de equipos	ETAPA 4: Elaboración de documentación
<p>Actividades</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definición de la capacidad de almacenamiento según el requerimiento del cliente.</li> <li>2. Conocer el flujo del proceso de la fruta para su posterior almacenamiento.</li> <li>3. Levantamiento de información para el diseño de la cámara frigorífica.</li> </ol>	<p>Actividades</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definición de los parámetros de los que partiremos para el diseño de la cámara.</li> <li>2. Determinación de las dimensiones de la cámara frigorífica.</li> <li>3. Cálculo del espesor del material aislante.</li> <li>4. Cálculo de las cargas térmicas.</li> <li>5. Cálculo de la capacidad frigorífica.</li> </ol>	<p>Actividades</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Selección de la unidad condensadora.</li> <li>2. Selección de los evaporadores.</li> <li>3. Selección de las válvulas para sistema de refrigeración.</li> <li>4. Selección del diámetro de tuberías.</li> </ol>	<p>Actividades</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Presupuesto.</li> <li>2. Plano esquemático del sistema de refrigeración.</li> <li>3. Plano de arquitectura de la cámara frigorífica.</li> <li>4. Cronograma de avance de obra.</li> </ol>

### 2.1.4 Diagrama de flujo

Mediante el siguiente esquema, se muestra las actividades por cada etapa del proyecto realizado.

Figura 2.27 Diagrama de flujo



## 2.1.5 Cronograma de actividades

Tabla 2.16 Cronograma de actividades

ETAPAS DE ACTIVIDADES REALIZADAS	DURACIÓN	AGOSTO																								
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25						
<b>Etapa 1: Visita técnica</b>	<b>3</b>																									
Definición del requerimiento del cliente	2	■	■																							
Conocer el flujo del proceso de la fruta para su almacenamiento posterior	1		■																							
Levantamiento de información para el diseño de la cámara frigorífica	1			■																						
<b>Etapa 2: Diseño de la Cámara Frigorífica</b>	<b>4</b>																									
Definición de los parámetros para el diseño de la cámara frigorífica	1				■																					
Determinación de las dimensiones de la cámara frigorífica	1				■																					
Cálculo del espesor del material aislante	1					■																				
Cálculo de las cargas térmicas	2										■	■														
Cálculo de la capacidad frigorífica	1											■														
<b>Etapa 3: Selección de equipos</b>	<b>2</b>																									
Selección de la unidad condensadora	1													■												
Selección de evaporadores	1													■												
Selección de las válvulas para el sistema de refrigeración	1													■												
Selección del diámetro de tuberías	1														■											
<b>Etapa 4: Elaboración de documentación</b>	<b>6</b>																									
Presupuesto	3																				■					
Plano esquemático del sistema de refrigeración	2																					■	■			
Cronograma de avance de obra	1																								■	

### **III. APORTES REALIZADOS**

#### **3.1 Planificación, ejecución y control de etapas**

El día 4 de agosto del 2017 se recibió por parte del área comercial el requerimiento de diseño de una cámara frigorífica para almacenar palta por parte de la empresa Agropacking Export que se encuentra en la ciudad de Tambo grande – Piura.

El cliente decidió ampliar la cadena de frío por el crecimiento en la producción de sus nuevos campos de palto y así mismo ampliar el servicio de maquila (procesar fruta de otro agricultor bajo un precio determinado por kg) a empresas que se dedican a exportar, pero aún no cuentan con una planta procesadora de fruta.

Para diseñar este proyecto, se consideró visitar el lugar donde se instalaría la cámara frigorífica y evaluar el área disponible.

##### **3.1.1 Planificación**

A continuación, se enumera los datos básicos que se necesitan para el correcto diseño de la cámara frigorífica.

- Tipo de producto a almacenar.
- Cantidad de producto que el cliente necesita almacenar.
- Verificación del espacio disponible para dimensionar la cámara.
- Temperatura y humedad relativa del lugar de instalación de la cámara.

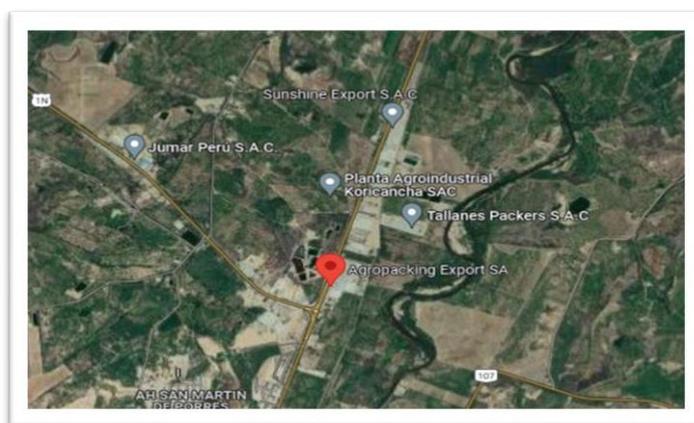
Luego de definir estos pasos, se procede al diseño de la cámara frigorífica para presentar el lay-out o plano de distribución al cliente y brinde su conformidad.

### 3.1.2 Ejecución

#### Visita Técnica

Luego de recibir el requerimiento del cliente, se pactó una reunión en su planta procesadora ubicada en la ciudad de Tambo grande, a 50 km de la ciudad de Piura.

Figura 3.1 Ubicación del proyecto Cámara Frigorífica



Fuente: <https://www.google.com/maps/>

Durante la reunión con el cliente, hicimos un recorrido por la planta procesadora para conocer sus instalaciones y flujo del producto, desde la recepción de materia prima hasta la zona de despacho.

Figura 3.2 Zona de Recepción



Fuente: Registro fotográfico – HB Refrigeración

Figura 3.3 Calibradora de fruta



Fuente: Registro fotográfico – HB Refrigeración

Figura 3.4 Zona de paletizado



Fuente: Registro fotográfico – HB Refrigeración

Figura 3.5 Cámara de conservación existente



Fuente: Registro fotográfico – HB Refrigeración

Figura 3.6 Vista exterior de la planta procesadora



Fuente: Registro fotográfico – HB Refrigeración

Posteriormente, estuvimos en las zonas libres donde se podría instalar la cámara frigorífica requerida por el cliente.

Figura 3.7 Área libre para la instalación de la cámara frigorífica



Fuente: Registro fotográfico – HB Refrigeración

Con los datos obtenidos durante la visita, se procedió al diseñar la cámara frigorífica.

## Diseño de la Cámara de Almacenamiento

Lugar	:	Tambo grande – Piura
Temperatura interior	:	+6 °C
Temperatura media	:	+25°C (Fuente: Cliente)
Temperatura exterior	:	+ 30°C (Fuente: Cliente)
Humedad relativa	:	80% (Fuente: Cliente)

## Proceso de Selección de la palta

- Recepción de la Fruta
- Pesado
- Muestreo para análisis de porcentaje de materia seca.
- Selección de palta para exportar y mercado nacional.
- Lavado y Secado.
- Calibrado electrónico por peso.
- Empacado.
- Paletizado.
- Almacenamiento.

## Dimensionamiento de la Cámara de Almacenamiento

Según la información brindada por el cliente, tenemos lo siguiente:

- Capacidad de producción: 44 ton/día.
- Rotación: 3 días

Sabiendo la capacidad de producción y la rotación, procedemos a calcular la capacidad de almacenamiento de la cámara.

$$C_{alm} = C_{pd} * R$$

$$C_{alm} = \left(44 \frac{ton}{dia}\right) * (3 dias)$$

$$C_{alm} = 132 ton$$

Según la información obtenida en campo, el área disponible que tiene el cliente es de 20m x 18m x 5m (L \* A \* H).

Sabiendo que las medidas de un pallet son de 1.2m x 1m, se procede a calcular el ancho y largo de la cámara.

$$L_c = N_p * 1m + D_m + D_e$$

$$L_c = 12 * 1 + 3.5 + 1.4$$

$$L_c = 17m < 20m$$

$$A_c = N_f * 1.2 + (N_f - 1)e_f + 1.80$$

$$A_c = 11 * 1.2 + 10 * 0.20 + 1.80$$

$$A_c = 17m < 18m$$

Para obtener la altura de la cámara, usamos la siguiente ecuación.

$$H_c = H_p + 1.60m$$

$$H_c = 2.4 + 1.6$$

$$H_c = 4.0 m < 5.0 m$$

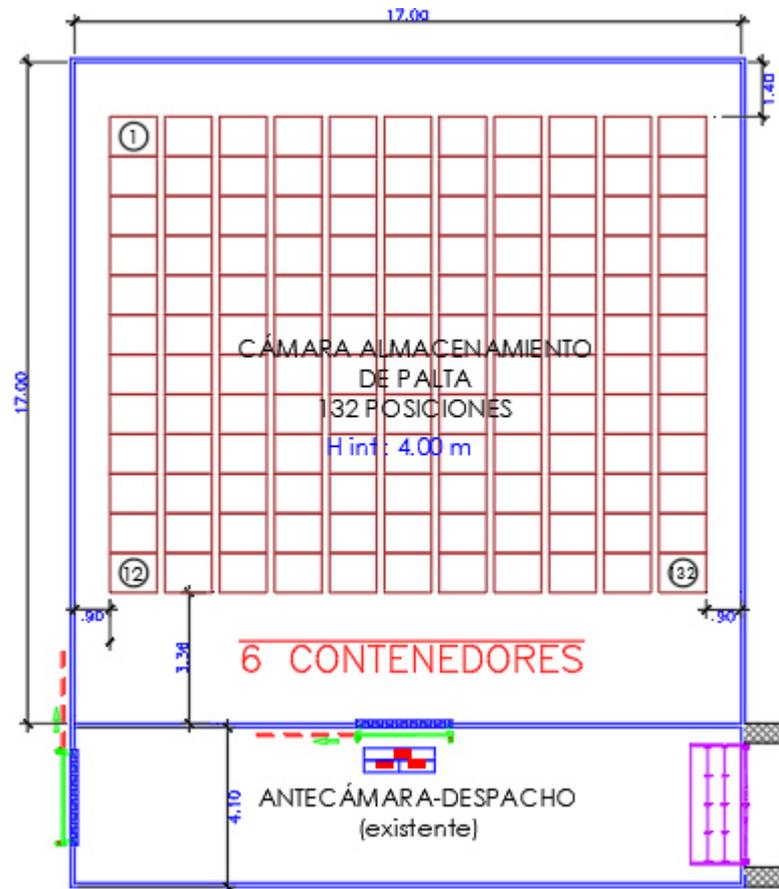
Con las dimensiones obtenidas, la vista de planta y de elevación de la cámara de almacenamiento son las siguientes:

Figura 3.8 Vista de Elevación – Cámara de Almacenamiento



Fuente: Archivos – HB Refrigeración

Figura 3.9 Vista de Planta – Cámara de Almacenamiento



Fuente: Archivos – HB Refrigeración

### Aislamiento de la Cámara de Almacenamiento

Se procede a calcular el espesor del panel aislante a través de la ecuación 7

$$e = \frac{(T_{ex} - T_i) * \lambda}{Cte}$$

Se consideró el panel termoaislante tipo POL (poliestireno) que posee una conductividad térmica  $\lambda$ :  $0.036 \left[ \frac{W}{m \cdot ^\circ k} \right]$

$$e = \frac{(303 - 279) * 0.036}{9}$$

$$e = 0.096m \leftrightarrow 96mm$$

De la tabla 2.5, se elige el espesor inmediato y sería **e=100 mm**

<b>PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS</b>	
Ancho útil del panel	1180 mm.
Láminas de acero:	Aluzinc pre-pintado AZ 200 (ASTM A792). Galvanizado pre-pintado ANTIBACTERIAL (ASTM A653 G90).
Pintura	20 micras de pintura poliéster estándar (Líquida) Antibacterial / PVDF sobre 5 micras primer epóxico.
Espesor de Acero:	0.5mm (otros espesores bajo consulta)
Espesores del núcleo:	40, 50, 75, <b>100</b> , 125, 150, 175, 200, 250 y 300 mm.
Densidad del poliestireno:	20 kg/m <sup>3</sup>
Conductividad térmica de núcleo:	0.036 W/m-K
Largo de panel:	En función al proyecto.

Con los siguientes datos:

Producto	:	Palta
Dimensiones interiores	:	17.00 x 17.00 x 4.00 (L * A * H)
T° ingreso del producto	:	+30°C
T° interior de la cámara	:	+ 6°C
Capacidad de Almacenamiento	:	132 Tn
Aislamiento	:	Poliestireno
Espesor del Aislamiento	:	100 mm
Tiempo de enfriamiento	:	24 hr
Movimiento diario de producto	:	44 ton

Se procedió a calcular las cargas térmicas.

### **Carga térmica del Producto**

De la ecuación 2.11:

$$Q_{pr} = (1,833.33 \text{ kg/hr}) \left(0.876 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}\right) (30^\circ\text{C} - 6^\circ\text{C})$$

$$Q_{pr} = 38,544 \text{ kcal/hr} \leftrightarrow \mathbf{44.83 \text{ kW}}$$

## Carga térmica por transmisión de calor en las paredes, techo y piso

Tabla 3.1 Dimensiones y temperaturas

N°	Superficie	Dimensiones			m2	T del ambiente contiguo (°C)	Diferencia de Temperaturas
		Largo	Ancho	Alto			
1	Pared Este (A1)	17	0	4	68	30	24
2	Pared Oeste (A2)	17	0	4	68	30	24
3	Pared Sur(A3)	0	17	4	68	30	24
4	Pared Norte (A4)	0	17	4	68	30	24
5	Techo (A5)	17	17	0	289	30	24
6	Piso (A6)	17	17	0	289	15	9

De la ecuación 2.14:

$$Q_{tr} = A \times U \times \Delta T$$

Para A1:

$$Q_{tr1} = A_1 \times U_1 \times \Delta T_1$$

De la ecuación 2.4:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{f_i} + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{f_e}$$

$$\frac{1}{U_1} = \frac{1}{9.37 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}} + \frac{0.1 m}{0.036 \frac{W}{m \cdot ^\circ K}} + \frac{1}{22.71 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}}$$

$$U_1 = 0.341 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$$

$$Q_{tr1} = 68 m^2 \times 0.341 \frac{W}{m^2 \cdot K} \times 24 ^\circ K$$

$$Q_{tr1} = \mathbf{0.56 kW}$$

Para A2:

$$Q_{tr2} = A_2 \times U_2 \times \Delta T_2$$

$$Q_{tr2} = \mathbf{0.56 kW}$$

Para A3:

$$Q_{tr3} = A_3 \times U_3 \times \Delta T_3$$

$$Q_{tr3} = \mathbf{0.56 kW}$$

Para A4:

$$Q_{tr4} = A_4 \times U_4 \times \Delta T_4$$

$$Q_{tr4} = \mathbf{0.56 kW}$$

Para A<sub>5</sub>:

$$Q_{tr5} = A_5 \times U_5 \times \frac{\Delta T_5}{W}$$

$$Q_{tr5} = 289 \text{ m}^2 \times 0.341 \frac{W}{\text{m}^2 \cdot \text{°K}} \times 24 \text{ °K}$$

$$Q_{tr5} = 2365.176 \text{ w} \langle \rangle \mathbf{2.37 \text{ kW}}$$

Para A<sub>6</sub>:

$$Q_{tr6} = A_6 \times U_6 \times \Delta T_6$$

$$\frac{1}{U_6} = \frac{1}{f_i} + \frac{x_p}{k_p} + \frac{1}{f_e}$$

$$\frac{1}{U_6} = \frac{1}{9.37 \frac{W}{\text{m}^2 \cdot \text{°K}}} + \frac{0.1 \text{ m}}{0.72 \frac{W}{\text{m} \cdot \text{°K}}} + \frac{0.0762 \text{ m}}{1.73 \frac{W}{\text{m} \cdot \text{°K}}} + 0$$

$$U_6 = 3.45 \frac{W}{\text{m}^2 \cdot \text{°K}}$$

$$Q_{tr6} = 289 \text{ m}^2 \times 3.45 \frac{W}{\text{m}^2 \cdot \text{°K}} \times 9 \text{ °K}$$

$$Q_{tr6} = 8973.5 \text{ w} \langle \rangle \mathbf{8.97 \text{ kW}}$$

$$Q_{tr} = Q_{tr1} + Q_{tr2} + Q_{tr3} + Q_{tr4} + Q_{tr5} + Q_{tr6}$$

$$Q_{tr} = 13.58 \text{ kW}$$

Se observó que la carga térmica que ingresa por parte del piso es alta, por ello se evaluará colocar un panel POL de 120 mm para reducir esa carga térmica.

$$\frac{1}{U_6} = \frac{1}{9.37 \frac{W}{\text{m}^2 \cdot \text{°K}}} + \frac{0.1 \text{ m}}{0.72 \frac{W}{\text{m} \cdot \text{°K}}} + \frac{0.0762 \text{ m}}{1.73 \frac{W}{\text{m} \cdot \text{°K}}} + \frac{0.12 \text{ m}}{0.036 \frac{W}{\text{m} \cdot \text{°K}}} + 0$$

$$U_6 = 0.276 \frac{W}{\text{m}^2 \cdot \text{°K}}$$

$$Q_{tr6} = 289 \text{ m}^2 \times 0.276 \frac{W}{\text{m}^2 \cdot \text{°K}} \times 9 \text{ °K}$$

$$Q_{tr6} = \mathbf{0.72 \text{ kW}}$$

Se observó que colocando el material POL aislante en el piso, el valor de  $Q_{tr6}$  se reduce en **8.25 kW**.

Entonces el nuevo valor de  $Q_{tr} = 5.33 \text{ kW}$

### Carga térmica por respiración del producto

De la ecuación 2.12:

$$Q_{cr} = (44000 \text{ kg}) \left( 0.066 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{hr}} \right)$$
$$Q_{cr} = 2904 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \langle \rangle 3.38 \text{ kW}$$

### Carga térmica debido al embalaje

De la ecuación 2.13:

$$m_{caja} = 0.01125 \text{ kg/hr}$$
$$N_{cpx} = 264 \text{ cajas/pallet}$$
$$N_{pallets} = 44$$
$$Q_{em} = \left( 0.01125 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} \right) \left( 264 \frac{\text{cajas}}{\text{pallet}} \right) (44 \text{ pallet}) \left( 0.35 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) (30^\circ\text{C} - 6^\circ\text{C})$$
$$Q_{em} = 1,097.7 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \langle \rangle 1.28 \text{ kW}$$

### Carga térmica por iluminación

De la ecuación 2.15:

$$Q_{il} = (17\text{m} \times 17\text{m}) \left( 10 \frac{\text{w}}{\text{m}^2} \right) \left( 0.860 \frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{w}} \right)$$
$$Q_{il} = 2485.4 \text{ kcal/h}$$
$$Q_{il} = 2.89 \text{ kw}$$

### Carga térmica por infiltración por cambios de aire

De la ecuación 2.16:

$$Q_{in} = V * N * \left( \frac{\rho_i + \rho_e}{2} \right) * \Delta h$$

Se calcula las densidades medias del aire por la ecuación de gases ideales.

$$P * V = R * T * m$$
$$\rho = \frac{P}{R * T}$$

Calculando la densidad a una temperatura de +6°C y presión de 101,325 kpa, reemplazando tenemos:

$$\rho_i = \frac{101.325 \text{ Kpa}}{\left(0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{K}}\right) (6 + 273)}$$

$$\rho_i = 1.265 \text{ kg/m}^3$$

El mismo procedimiento para calcular la  $\rho_e = 1.165 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$\Delta h$ : Diferencia de entalpias entre el aire exterior y el aire interior, en (Kcal/kg) Las entalpias serán obtenidas utilizando la carta psicométrica e interceptando las condiciones de temperatura y humedad relativa según las condiciones exteriores en temporada de verano en Piura y condiciones interiores de funcionamiento de la cámara frigorífica.

Condiciones a tomar en cuenta:

$$T_{ext} = +30^\circ\text{C} \text{ y } H.R = 80\%$$

$$T_{int} = +6^\circ\text{C} \text{ y } H.R = 90\%$$

Usando la carta psicométrica, obtenemos los siguientes valores para las entalpias.

$$h_{ext} = 74 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \langle \rangle 17,68 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}$$

$$h_{int} = \frac{19\text{kJ}}{\text{kg}} \langle \rangle 4.3 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

Según la tabla 2.7, se obtendrá el número de renovaciones diarias para un volumen de la cámara frigorífica de 1156 m<sup>3</sup>.

Interpolando tenemos que  $N = 2.36 \text{ rev/dia}$

Reemplazando en la ecuación:

$$Q_{in} = (1156 \text{ m}^3) * \left(\frac{2.36 \text{ rev}}{\text{dia}}\right) * \left(\frac{1.265 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 1.165 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2}\right) * \left(17.68 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} - \frac{4.73 \text{ kcal}}{\text{kg}}\right)$$

$$Q_{in} = 1,788.56 \text{ kcal/hr}$$

Sin embargo, para definir de forma correcta la carga térmica por renovaciones de aire se aplicará el concepto de factor de uso.

- Factor de uso constante = 2
- Factor de uso moderado = 1
- Factor de uso leve = 0,6

Entonces

$$Q_{in} = (1,788.56 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}) * 2$$

$$Q_{in} = 3,577.12 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \langle \rangle \mathbf{4.16 kW}$$

### Carga térmica debido al personal

De la ecuación 2.17:

$$C_d = 272 - 6(6)$$

$$C_d = 236 \text{ W}$$

De la ecuación 2.18:

$$Q_{per} = (2)(236 \text{ w})$$

$$Q_{per} = \mathbf{0,472 kW}$$

### Carga térmica debido a los motores dentro de la cámara

De la tabla 2.9, se calcular la carga térmica por los motores de ventiladores.

$$Q_v = N_v * C_v$$

$$Q_v = 16 * 439 \text{ W}$$

$$Q_v = 7 \text{ kW}$$

Tabla 3.2 Cargas térmicas calculadas

<b>Calores</b>	<b>Valores</b>
$Q_{pr}$	44.83 kW
$Q_{tr}$	5.33 kW
$Q_{cr}$	3.38 kW
$Q_{em}$	1.28 kW
$Q_{il}$	2.89 kW
$Q_{in}$	4.16 kW
$Q_{oc}$	0.472 kW
$Q_v$	7 kW
$Q_{sub-total}$	69.34 kW
F.S (10%)	6.93 kW
$Q_{total}$	<b>76.27 kW</b>

Entonces:

$$Q_{total} = 76.27 \text{ kW} \leftrightarrow 65,580.4 \text{ kcal/hr}$$

### Capacidad frigorífica

$$C_{fri} = \frac{(65,580.4 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}})(24 \text{ hr/dia})}{20 \text{ hr/dia}}$$

$$C_{fri} = 78,696.5 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

Para cubrir con la capacidad frigorífica, se seleccionó equipos para sistemas de frío independientes. Entonces la capacidad frigorífica con la que se trabajó fue la mitad de la obtenida en los cálculos.

$$C_{fri} = 39,348.3 \text{ kcal/hr}$$

### Selección de equipos de refrigeración

#### Temperatura de evaporación

Para obtener una H.R = 90%, según la tabla 2.9 se elegirá un DT=10°F, al convertir a grados Celsius tenemos

$$DT = 5.55 \text{ } ^\circ\text{C} \cong 6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

De la ecuación 2.20:

$$T_{evap} = 6^{\circ}C - 6^{\circ}C$$

$$T_{evap} = 0^{\circ}C$$

### Temperatura de condensación

De la ecuación 2.21:

$$T_{cond} = T_{amb} + 18^{\circ}F$$

$$T_{cond} = 86^{\circ}F + 18^{\circ}F$$

$$T_{cond} = 104^{\circ}F \langle \rangle 40^{\circ}C$$

### Selección de Unidad Condensadora

Para la selección del equipo, se ingresó al software online de la marca Bohn.

Figura 3.10 Software para el cálculo de unidades condensadoras



Fuente: <https://configurador.bohnmexico.mx/home.php>

El Software solicitó que se ingrese algunos datos como voltaje, capacidad frigorífica en Btu/hr, temperatura de evaporación y condensación.

Figura 3.11 Ingreso de datos para la UC

The image shows the data input form in the Bohn software. At the top, there is a logo for 'BOHN SELECCIÓN Y CÁLCULO DE EQUIPOS'. Below the logo, there is a heading 'Indique información:'. There are three input fields: 'Voltaje (V):' with a dropdown menu showing '230', 'Rango de busq. (%):' with a dropdown menu showing '10 %', and 'Capacidad (miles de BTU / h):' with a text input field showing '156.15'. Below these fields, there are two sliders: 'Temperatura de evaporación: 32 °F / 0.00 °C' and 'Temperatura de condensación: 104 °F / 40.00 °C'. At the bottom, there is a blue button labeled 'Calcular'. There are also some small footnotes at the bottom of the form.

Fuente: [https://configurador.bohnmexico.mx/search\\_by\\_capacity.php](https://configurador.bohnmexico.mx/search_by_capacity.php)

El software propuso 03 opciones de unidad condensadora, de las cuales se escogió el equipo modelo BLV150BM6D con el menor porcentaje de coincidencia.

Figura 3.12 Resultados propuestos por el software

	Modelo	Capacidad	Porcentaje	Recomendable
<input checked="" type="radio"/>	BLV150BM6D	157.6	103.68%	
<input type="radio"/>	BLV150BM6D	157.6	103.68%	
<input type="radio"/>	BLV150BM6D	157.6	103.68%	
<input type="radio"/>	MBDX1200M6D	162.09	106.64%	
<input type="radio"/>	MBZX1300M6D	144.27	94.91%	

Mostrando 1 a 5 de 5 filas

= Recomendada

= Capacidad Limitada

= No Recomendable

Fuente: [https://configurador.bohnmexico.mx/search\\_by\\_capacity.php](https://configurador.bohnmexico.mx/search_by_capacity.php)

## UNIDAD CONDENSADORA

Marca	:	<b>F. BOHN</b>
Modelo	:	<b>BLV150BM6D</b>
Compresor	:	<b>Copeland Discus</b> <b>Semihermético</b>
Modelo compresor	:	4PES-15-2NU
Refrigerante	:	R - 134a
Potencia	:	15 HP
Potencia eléc.	:	13.79 kW
<b>Cap. Frig.</b>	:	<b>39,714.53 kcal/h (46.2 kW)</b>
T° Evap.	:	0 °C
T° Cond.	:	40 °C
Voltaje	:	440V/60HZ/3PH
Medidas	:	L (4.34m), A (1.13m), H (1.52m)
<b>Cantidad</b>	:	<b>2 unid</b>

Figura 3.13 Unidad Condensadora Bohn Modelo BLV150BM6D



Fuente: Ficha técnica - BOHN

### Selección de evaporador

Para la selección del equipo, se ingresó al software online de la marca Bohn.

El Software solicitó que se ingrese algunos datos como voltaje, tipo de deshielo, capacidad frigorífica en Btu/hr, temperatura de evaporación y número de evaporadores.

Figura 3.14 Ingreso de datos para la selección de evaporadores

Evaporadores

Voltaje:

Tipo de deshielo:

Capacidad total en Miles de BTU/h:

Temperatura de Evaporación (oF):

Número de Evaporadores requeridos:

Calcular

Fuente: <https://configurador.bohnmexico.mx/views/evaporator/byCapacity/search.php>

El software propuso 06 opciones, en este caso se escogió el modelo BHL650CVA con capacidad de 82000 Btu/hr.

Figura 3.15 Resultados propuestos por el software

Familia	Modelo	Capacidad	% Capacidad	Medidas en cm (L,H,A)	
BH	BHE 640CPA	77	98	267, 103, 75	Ver
BH	BHE 640CTA	77	98	267, 103, 75	Ver
BH	BHE 640CVA	85	107	267, 103, 75	Ver
BH	BHL 650CPA	78	99	267, 103, 75	Ver
BH	BHL 650CTA	78	99	267, 103, 75	Ver
BH	<b>BHL 650CVA</b>	82	104	267, 103, 75	Ver

= Recomendada     
 = Capacidad Limitada     
 = No Recomendable

Fuente: <https://configurador.bohnmxico.mx/views/evaporator/byCapacity/search.php>

Por ser 02 evaporadores, la carga total es de 164,000 Btu/hr, la cual es mayor que la carga de la unidad condensadora de 157,600 Btu/hr. Esta diferencia de carga no afecta el trabajo del sistema.

## Evaporadores

Marca	:	F. <b>BOHN</b>
Modelo	:	BHL650CVA
Tipo	:	Medio Alto Rango
<b>Cap. Frig.</b>	:	<b>20,663.65 kcal/hr. (24.03 kW)</b>
T° Evap	:	0 °C
DT	:	+6 °C
Potencia eléc.	:	7.1 kW (total de 3 ventiladores)
Voltaje	:	220V/3PH/60Hz
Diámetro Vent	:	5 x 18"
Deshielo	:	Eléctrico
Medidas	:	L (2.67m), A (0.75), H (1.03m)
<b>Cantidad</b>	:	<b>4 unidades</b>

Figura 3.16 Evaporador Bohn modelo BHL650CVA



Fuente: Ficha técnica

Tabla 3.3 Modelos de Evaporadores

Modelos	Perfil	Capacidad de Motor	Altura máxima de instalación	Tiro de aire
ADT LET//LLE HGT	Bajo	1/15 , 1/20 SPIDER	3 metros	6 a 8 metros
BMA BME//BML BMG//BMF	Medio	1/4 HP	3 a 5.5 metros	15 a 20 metros
BXA BXE//BXL BXG//BXF	Medio-alto	AXI Cool	3 a 8.5 metros	15 a 30 metros
BHA BHE//BHL BHG//BHF	Alto	1/2 A 3 HP	5.5 a 18 metros	21 a 43 metros

Fuente: Archivos HB Refrigeración

Se verifica que el tiro de aire del evaporador modelo BHL tiene un rango de 21 a 43 metros, lo cual cumple con el largo de la cámara frigorífica.

### Selección de la tubería

#### Línea de líquido

El fabricante de la unidad condensadora recomendó que el diámetro de la línea de líquido debe ser de 7/8”.

Figura 3.17 Diámetro de la tubería de líquido

Unidad Condensadora de 15 HP. Compresor Semihermético Media Temp. Tiro de aire Vertical 460/3/60

CAP. REQUERIDA	152	KBTU/H
CAP. DISPONIBLE	157.6	KBTU/H
TSE	33	°F
TSC	104	°F
POTENCIA ABSORBIDA	13.79	KW
CORRIENTE	20.43	AMP
CAUDAL MÁSSICO	3230.54	Lb/H
EER	11.43	
HR	204.65	KBTU/H
LARGO	434	cm
ANCHO	113	cm
ALTO	152	cm
PESO VACÍO	986	Kg
DIAM. SUCCIÓN	1-5/8"	"
<b>DIAM. LÍQUIDO</b>	<b>7/8"</b>	"
RECIBIDOR CAP. AL 90%	145	Lbs
CANT. COMPRESORES	1	
CANT. VENTILADORES	2	
VOLTAJE FUERZA	460	
FLA	34	Amp.
MCA	44.3	Amp.
MOPD	63	Amp.



Fuente: www.bohn.com.mx

Se comprobó la recomendación del fabricante mediante el programa Coolselector2.

Figura 3.18 Resultados propuestos por el software CoolSelector2

Condiciones de funcionamiento

Capacidad:	Evaporación:	Condensación:
Capacidad de refrigerar: 46.20 kW	Temperatura: 0.0 °C	Temperatura: 40.0 °C
Caudal mássico en la línea: 1097 kg/h	Recalentamiento útil: 8.0 K	Subenfriamiento: 2.0 K
Capacidad de calefacción: 57.58 kW	Recalentamiento adicional: 0 K	Subenfriamiento adicional: 0 K

Selección: Tubería de cobre ANSI 7/8								
Seleccionado	Tipo	NS	DP [bar]	DT_sat [K]	DP [K/m]	Velocidad, entrada [m/s]	Velocidad, salida [m/s]	Resultado
<input type="radio"/>	ANSI 1/2	12.7	0.655	2.5	0.246	2.74	3.00	⚠
<input type="radio"/>	ANSI 5/8	15.88	0.198	0.7	0.073	1.69	1.69	✓
<input type="radio"/>	ANSI 3/4	19.05	0.074	0.3	0.027	1.13	1.13	✓
<input checked="" type="radio"/>	ANSI 7/8	22.23	0.037	0.1	0.014	0.84	0.84	✓
<input type="radio"/>	ANSI 1 1/8	28.58	0.010	0.0	0.004	0.50	0.50	✓
<input type="radio"/>	ANSI 1 3/8	34.93	0.004	0.0	0.001	0.33	0.33	✓
<input type="radio"/>	ANSI 1 5/8	41.28	0.002	0.0	0.001	0.23	0.23	✓
<input type="radio"/>	ANSI 2 1/8	53.98	0.000	0.0	0.000	0.13	0.13	✓
<input type="radio"/>	ANSI 2 5/8	66.68	0.000	0.0	0.000	0.09	0.09	✓
<input type="radio"/>	ANSI 3 1/8	79.38	0.000	0.0	0.000	0.06	0.06	✓
<input type="radio"/>	ANSI 3 5/8	92.08	0.000	0.0	0.000	0.04	0.04	✓
<input type="radio"/>	ANSI 4 1/8	104.77	0.000	0.0	0.000	0.03	0.03	✓

Fuente: CoolSelector2

## Línea de Succión

El fabricante de la unidad condensadora, nos recomendó que el diámetro de la línea de líquido debe ser de 1 5" /8.

Figura 3.19 Diámetro de la tubería de succión

Unidad Condensadora de 15 HP. Compresor Semihemético Media Temp. Tiro de aire Vertical 460/3/60

CAP. REQUERIDA	152	KBTU/H
CAP. DISPONIBLE	157.6	KBTU/H
TSE	33	°F
TSC	104	°F
POTENCIA ABSORBIDA	13.79	KW
CORRIENTE	20.43	AMP
CAUDAL MÁSIICO	3230.54	Lb/H
EER	11.43	
HR	204.65	KBTU/H
LARGO	434	cm
ANCHO	113	cm
ALTO	152	cm
PESO VACÍO	986	Kg
DIAM. SUCCIÓN	1-5/8"	"
DIAM. LIQUIDO	1 1/2"	"
RECIBIDOR CAP. AL 90%	145	lbs
CANT. COMPRESORES	1	
CANT. VENTILADORES	2	
VOLTAJE FUERZA	460	
FLA	34	Amp.
MCA	44.3	Amp.
MOPD	63	Amp.



Fuente: www.bohn.com.mx

Se comprobó la recomendación del fabricante mediante el programa Coolselector2.

Figura 3.20 Resultados propuestos por el software CoolSelector2

Condiciones de funcionamiento

Capacidad:	Evaporación:	Condensación:
Capacidad de refrigerar: 46.20 kW	Temperatura: 0.0 °C	Temperatura: 40.0 °C
Caudal másico en la línea: 1097 kg/h	Recalentamiento útil: 8.0 K	Subenfriamiento: 2.0 K
Capacidad de calefacción: 57.58 kW	Recalentamiento adicional: 0 K	Subenfriamiento adicional: 0 K

Selección: Tubería de cobre ANSI 2 1/8								
Seleccionado	Tipo	NS	DP [bar]	DT_sat [K]	DP [K/m]	Velocidad, entrada [m/s]	Velocidad, salida [m/s]	Resultado
<input type="radio"/>	ANSI 7/8	22.23	0	0	0	2711	2711	!
<input type="radio"/>	ANSI 1 1/8	28.58	0.624	6.4	0.644	41.25	53.01	✓
<input type="radio"/>	ANSI 1 3/8	34.93	0.204	2.0	0.198	27.09	29.23	✓
<input type="radio"/>	ANSI 1 5/8	41.28	0.085	0.8	0.081	19.13	19.73	✓
<input checked="" type="radio"/>	ANSI 2 1/8	53.98	0.022	0.2	0.020	11.00	11.09	✓
<input type="radio"/>	ANSI 2 5/8	66.68	0.007	0.1	0.007	7.13	7.15	✓
<input type="radio"/>	ANSI 3 1/8	79.38	0.003	0.0	0.003	5.00	5.00	✓
<input type="radio"/>	ANSI 3 5/8	92.08	0.002	0.0	0.001	3.70	3.70	✓
<input type="radio"/>	ANSI 4 1/8	104.77	0.001	0.0	0.001	2.84	2.84	✓

Fuente: CoolSelector2

El programa recomienda considerar una tubería de 2 1/8", la cual es mayor que la recomendada por el fabricante.

## Línea de descarga

La línea de descarga ya está instalada en la unidad condensadora Bohn.

## Selección de válvula termostática

Se ingresa los datos solicitados por el programa CoolSelector2.

Figura 3.21 Selección de válvula de expansión

Condiciónes de funcionamiento

Capacidad de refrigeración: 46.20 kW Evaporación: Temperatura: 0.0 °C Condensación: Temperatura: 40.0 °C

Caudal másico en la línea: 1097 kg/h Recalentamiento útil: 8.0 K Subenfriamiento: 2.0 K

Capacidad de calefacción: 57.58 kW Recalentamiento adicional: 0 K Subenfriamiento adicional: 0 K

Criterios de selección:

Carga: 100 %

Caída de presión en el distribuidor: 0 bar

Línea de líquido (Sistema de expansión seca, R134a, Válvula de expansión termostática).

Selección: TGE 20-21 Actualmente no hay códigos disponibles. Por favor, póngase en contacto con Danfoss

Seleccionado	Tipo	NS	Rango	Capacidad nominal [kW]	Capacidad mínima [kW]	Carga [%]	DP [bar]	Velocidad, entrada [m/s]	Resultado
<input type="radio"/>	TGE 10-12.5	12.7	N	25.43	6.357	182	7.235	3.23	⚠
<input type="radio"/>	TGE 20-12.5	15.88	N	27.79	6.948	166	7.235	1.87	⚠
<input type="radio"/>	TGE 10-16	12.7	N	29.52	7.380	157	7.235	3.23	⚠
<input type="radio"/>	TGE 20-16	15.88	N	35.10	8.776	132	7.235	1.87	⚠
<input type="radio"/>	TGE 20-20	15.88	N	41.91	10.48	110	7.235	1.87	⚠
<input checked="" type="radio"/>	TGE 20-21	15.88	N	50.57	12.64	91	7.235	1.87	✓
<input type="radio"/>	TGE 40-26	22.23	N	57.50	14.38	80	7.235	0.94	✓
<input type="radio"/>	TGE 40-30	22.23	N	65.47	16.37	71	7.235	0.94	✓
<input type="radio"/>	TGE 40-40	22.23	N	80.53	20.13	57	7.235	0.94	✓
<input type="radio"/>	TGE 40-42	22.23	N	97.88	24.47	47	7.235	0.94	✓

Fuente: CoolSelector2

El software recomendó la válvula de expansión modelo TGE20-21.

## Selección de válvula solenoide

Se ingresa los datos solicitados por el programa CoolSelector2.

Figura 3.22 Selección de la válvula solenoide

Condiciónes de funcionamiento

Capacidad de refrigeración: 46.20 kW Evaporación: Temperatura: 0.0 °C Condensación: Temperatura: 40.0 °C Adicional: Temperatura de descarga: 60.9 °C

Caudal másico en la línea: 1097 kg/h Recalentamiento útil: 8.0 K Subenfriamiento: 2.0 K

Capacidad de calefacción: 57.58 kW Recalentamiento adicional: 0 K Subenfriamiento adicional: 0 K

Criterios de selección:

Caída de presión: 0.100 bar  Caída de temperatura de saturación: 0.1 K

Velocidad: 1.00 m/s

Línea de líquido (Sistema de expansión seca, R134a, Válvula solenoide).

Selección: EVR 18 v2 Código seleccionado: 032L1004

Seleccionado	Tipo	NS	Kv [m³/h]	DP_100 [bar]	DP_min [bar]	Kv_calc [m³/h]	DP [bar]	DT_sat [°C]	Grado de apertura [%]	Carga [%]	Carga parcial posible [%]
<input type="radio"/>	EVR 8 v2	10	1.15	0.030	0.030	1.15	0.788	3.0	-	-	-
<input type="radio"/>	EVR 10 man v2	12	2.1	0.030	0.030	2.1	0.236	0.9	-	-	-
<input type="radio"/>	EVR 10 v2	12	2.2	0.030	0.030	2.2	0.215	0.8	-	-	-
<input type="radio"/>	EVR 15 v2	16	3.3	0.030	0.030	3.3	0.096	0.4	-	-	-
<input checked="" type="radio"/>	EVR 18 v2	22	3.9	0.030	0.030	3.9	0.069	0.3	-	-	-

Fuente: CoolSelector2

El software recomendó la válvula solenoide modelo EVR18v2.

### **Aislamiento de tubería**

Las tuberías estarán recubiertas de ARMAFLEX, el armaflex es un aislamiento térmico flexible de espuma elastomérica. Su baja conductividad térmica y su alta resistencia a la difusión del vapor de agua aseguran una mayor durabilidad y un mejor rendimiento de su instalación.

Figura 3.23 Aislamiento para tubería



Fuente: [www.steel.com.pe](http://www.steel.com.pe)



### 3.3 Análisis de resultados

Se dimensionó la cámara para almacenar las 132 Tn de producto solicitadas por el cliente con el espacio disponible.

Se calculó todas las cargas térmicas para conseguir un resultado de mayor precisión, con una diferencia del 5% en comparación al resultado obtenido por el software Heatcraft SR-2015.

Figura 3.24 Cálculo de carga térmica mediante software

Dimensiones		Temperatura interior de la cámara		Carga suplementaria	
<input checked="" type="radio"/> Metros	<input type="radio"/> Pies	<input checked="" type="radio"/> Centígrados	<input type="radio"/> Fahrenheit	Cantidad de personas que entran a la cámara	2
Largo	17 m	Temperatura interior	6 °C	Tiempo estimado de trabajo en el interior de la cámara	24
Ancho	17 m	Tipo de Producto		Cantidad de Watts de iluminación interior	1800
Alto	4 m	Variedad		Tiempo de Uso (h)	24
Area de la Puerta	6.6 m <sup>2</sup>	Producto		Tiempo de operación de la Unidad de condensación (h)	20
Tipo de aislamiento		Temp. de entrada del producto a la cámara		Potencia total HP	1
<input checked="" type="radio"/> Centímetros	<input type="radio"/> Pulgadas	<input checked="" type="radio"/> °C <input type="radio"/> °F 30 °C		Tiempo de Uso del Motor (h)	1
Paredes y techo	POLIESTIRENO (UNI)	Cantidad de producto/día		Resultados	
Espesor	10 cm	<input checked="" type="radio"/> Kg <input type="radio"/> lb 44000 Kg		<input type="radio"/> Carga Térmica en Btu / h	
k=	0.028 Kcal / mh°C	Tiempo de Proceso		<input checked="" type="radio"/> Carga Térmica en Kcal / h	
Lugar de instalación		24 h		Carga Térmica	62172 Kcal/h
Temperatura ambiente	30 °C				

Se seleccionó los equipos para los sistemas de refrigeración con los parámetros obtenidos.

## **IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

### **4.1 Discusión**

Para el diseño de la cámara frigorífica solicitada por el cliente se optó por colocar aislamiento en el piso, para reducir la carga térmica por transmisión, lo que influye en la reducción de la carga térmica total, y por ende los equipos seleccionados serán de menor capacidad, menor consumo eléctrico y menor inversión.

Otro punto importante en el diseño de la cámara frigorífica, fue que la capacidad frigorífica fue dividida en 2, en base al resultado obtenido se seleccionó los equipos para tener dos sistemas de refrigeración independientes, de tal manera que tengamos un soporte en caso de mantenimiento en uno de los sistemas.

Se decidió corroborar los diámetros de la línea de succión y la línea de líquido recomendada por el fabricante de la unidad condensadora mediante el programa CoolSelector, el cual recomienda utilizar un diámetro mayor que tiene una menor caída de presión en la línea de succión.

En las tesis “Cálculo y dimensionamiento de una cámara de refrigeración para productos orgánicos perecederos”, realizada por Arteaga V. (2016) y “Diseño de una cámara de refrigeración para zanahoria (*Daucus carota* L.), betarraga (*Beta vulgaris* L.) y repollo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) realizada por Saldías E. (2003), omiten la carga térmica por el funcionamiento de los motores de los ventiladores de los evaporadores, lo cual no es conveniente para poder realizar un correcto cálculo de la carga térmica total de una cámara frigorífica.

## 4.2 Conclusiones

- Se consiguió determinar los parámetros de diseño de la cámara frigorífica para almacenar 132 Tn. de palta para su posterior exportación, estos parámetros fueron su ubicación, condiciones climáticas de operación, dimensiones, tipo de producto, capacidad de almacenamiento, temperatura de ingreso, temperatura de conservación del producto tipo de aislamiento y su espesor, información relevante que fue la base para dar inicio a los cálculos de carga térmica. Las ecuaciones usadas para dimensionar la cámara frigorífica son útiles para tener una mayor precisión.
- Se calculó las cargas térmicas de la cámara frigorífica por producto, paredes, renovación de aire, luminarias, motores del evaporador, personas, calor de respiración del producto, calor del embalaje del producto dando como resultado 65,580.4 kcal/hr, a partir de este resultado se obtuvo la capacidad frigorífica necesaria dando como resultado 78,696.5 kcal/hr. Para reducir la carga térmica por transmisión, lo que influye en la reducción de la carga térmica total, y por ende los equipos seleccionados serán de menor capacidad, menor consumo eléctrico y menor inversión.
- Se seleccionó los equipos que conforman el sistema de refrigeración como la unidad condensadora con una capacidad frigorífica superior, los evaporadores con capacidad frigorífica parecida a la unidad condensadora. Así mismo, se corroboró los diámetros de las tuberías sugeridas por el fabricante de unidades condensadoras Bonn mediante el programa CoolSelector2 de la empresa Danfoss.

## V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una lista detallada en base a los requerimientos solicitados por el cliente, ya que influirán notablemente en el diseño. Los requerimientos a solicitar básicos son ubicación, condiciones climáticas del lugar en temporada de verano, producto a refrigerar, tipo de cámara, capacidad de almacenamiento, temperatura de ingreso del producto, suministro eléctrico, preferencia de panel aislante, refrigerante en uso actual en caso ya tenga otras instalaciones climatizadas.
- Se recomienda considerar todas las cargas térmicas posibles para tener una mayor precisión al momento de obtener la capacidad frigorífica, lo que conllevará a una mejor selección de equipos frigoríficos. Así mismo se recomienda considerar panel aislante en el piso, ya que ayuda considerablemente a la reducción de carga térmica por transmisión. Esto hará que la capacidad frigorífica disminuya y los equipos a seleccionar sean de menor capacidad, por lo tanto, generará un ahorro en la inversión del cliente.
- Se recomienda utilizar el software de la marca Bohn para seleccionar los equipos de refrigeración. También se recomienda usar el uso del software CoolSelector 2 de la empresa Danfoss para el dimensionamiento de las tuberías y válvulas que serán parte del sistema de refrigeración. En el caso de refrigerantes, se recomienda utilizar refrigerantes ecológicos como el R-134A, R-404A, R-507A, entre otros. En varios países está prohibido el uso de refrigerantes como el R-22 y R-422D, ya que dañan el medio ambiente. Así mismo el uso de paneles de Poliestireno está siendo dejado de lado por el uso de paneles PUR y PIR por tener mejores propiedades, entre ellas son retardantes al fuego. Para el presente informe se utilizó

## VI. BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN CREUS, José. 2000. *Tratado Práctico de Refrigeración Automática*. Barcelona : Mamcorbo. ISBN:9788426711403.

ASHRAE. 2019 Designation and Safety Classification of Refrigerants. ASHRAE Standard 34:2019. Unites States of America.

ÁREA DE REDACCIÓN. Minagri confirma que Perú se convirtió en el primer exportador mundial de arándanos, al desplazar a Chile. *Agencia Agraria de Noticias* [en línea]. Febrero de 2020. [fecha de consulta: 19 de setiembre de 2021.] Disponible en: <https://agraria.pe/noticias/minagri-confirma-que-peru-se-convirtio-en-primer-exportador--20811>.

ATLAS Copco. 2021. *¿Qué son los compresores scroll?*. [en línea]. Lima. ATLAS COPCO. [fecha de consulta: 19 de setiembre de 2021.] Disponible en: <https://www.atlascopco.com/es-pe/compressors/wiki/compressed-air-articles/scroll-compressors>.

COMOFUNCIONA.2021 *¿Qué es un evaporador?* [en línea]. Colombia. COMOFUNCIONA, 2021. [fecha de consulta: 19 de setiembre de 2021]. Disponible en: <https://comofunciona.co.com/evaporador/>

ÁREA DE REDACCIÓN. Perú se convierte en segundo exportador de paltas en medio de la pandemia del covid-19. *Gestión*. [en línea] Mayo de 2020. [fecha de consulta: 19 de setiembre de 2021.] Disponible en: <https://gestion.pe/economia/peru-se-convierte-en-segundo-exportador-de-paltas-en-medio-de-la-pandemia-del-covid-19-noticia/>.

ÁREA DE REDACCIÓN. La plata sigue siendo buen negocio. *Red Agrícola*. [en línea] Agosto 2019. [fecha de consulta: 19 de setiembre de 2021.] Disponible en: <https://www.redagricola.com/pe/la-palta-sigue-siendo-buen-negocio/>.

ATLAS Copco. *¿Qué son los compresores axiales?*. [en línea]. Lima ATLAS COPCO, 2021. [fecha de consulta: 19 de setiembre de 2021.] Disponible en: <https://www.atlascopco.com/es-pe/compressors/wiki/compressed-air-articles/dynamic-compressors>.

CENGEL, Yunus. 2012. *Termodinámica*. México : Mc Graw Hill, ISBN:9780073529325.

CENGEL, Yunus. 2007. *Transferencia de calor y masa*. México : McGraw Hill, ISBN:9780073129303.

CÁMARA de comercio de Lima. *El aporte de la agroindustria*. [en línea]. Lima. CCL. 2019. [fecha de consulta: 19 de setiembre del 2021] Disponible en:

<https://apps.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/iedep-revista/la%20camara-05-08-19.pdf>

CLIMAS Monterrey. *¿Qué es una válvula solenoide?*. [en línea] México. CLIMAS MONTERREY, 2021. [fecha de consulta: 19 de setiembre de 2021.] Disponible en: <https://www.climasmonterrey.com/que-es-una-valvula-de-solenoide>.

DOSSAT, Roy. 1991. *Principios de Refrigeración*. Monterrey : Continental, ISBN:9682602017.

DEL CARPIO, L. *Diseño de cámaras de congelamiento para el liofilizado de banano, mango y piña en la procesadora agroindustrial La Joya Arequipa - Perú*. Tesis (Título para optar por el Título Profesional de Ingeniero Mecánico) Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2019 [fecha de consulta: 25 de setiembre de 2021. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/12730>

HUURRE Iberica. *Catálogo General*. [en línea]. Girona. HUURRE.2021.[fecha de consulta: 19 de setiembre de 2021.] Disponible en: [https://www.huurreiberica.com/docs/CATALOGO\\_GENERAL\\_HUURRE\\_ES.pdf](https://www.huurreiberica.com/docs/CATALOGO_GENERAL_HUURRE_ES.pdf).

ROMÁN, E. 2002. Manejo Postcosecha del Aguacate. *Vitae*. **9**(2),pp. 5-16. ISSN:0121-4004

CALAMINON. *Source*. [en línea]. Lima. CALAMINON. 2021. [fecha de consulta: 19 de setiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.calaminon.com/assets/source/pdf/TAP-1160-02-2.pdf>.

CALAMINON. *Source*. [en línea]. Lima. CALAMINON. 2021. [fecha de consulta: 19 de setiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.calaminon.com/assets/source/pdf/TAP-1180-02-2.pdf>.

PITA, Edward . 1991. *Principios y Sistemas de Refrigeración*. México : Limusa. ISBN:9681839692.

PITA, Edward. 1994. *Aire Acondicionado principios y sistemas*. México : Limusa. ISBN:9780130928726.

ROJAS, Mario. 2007. *Mécanica para la refrigeración*. México : Mochera.

SANCHEZ Y PINEDA, María Teresa. 2001. *Ingeniería del frío: Teoría y Práctica*. España : Mundi-Prensa, 2001. ISBN:9788471148834.

STOECKER, Wilbert. 1998. *Industrial Refrigeration Handbook*. EE.:UU : McGraw-Hill. ISBN:9780070616233.

SOLAR Palau. *Calor latente: fusión y vaporización*. [en línea]. Lima. SOLAR PALAU, 2019. [fecha de consulta: 19 de setiembre de 2021.] Disponible en: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/calor-latente/>.  
TIPPENS, Paul. 2011. *Física, conceptos y aplicaciones*. México : McGraw Hill, 2011. ISBN: 9786071504715.

TECUMSEH. *¿Qué es un compresor rotativo?* [en línea]. Lima. TECUMSEH. 2021. [fecha de consulta: 19 de setiembre de 2021.] Disponible en: <https://www.tecumseh.com/es/sa/products/rotary/>

UPS. *what is a pallet*. [en línea]. Lima. UPS, 2021. [fecha de consulta: 19 de setiembre de 2021.] Disponible en: <https://www.ups.com/mx/es/shipping/pickup/what-is-a-pallet.page>.

## **ANEXOS**



## ANEXO 2: Ficha Técnica del Evaporador



### SELECCIÓN DE EVAPORADOR ESTÁNDAR

### MODELO: BHL 650CVA

DISTRIBUIDOR:  
preview

CONTACTO:  
preview

EMAIL:  
preview

FAMILIA:

**BH**

PERFIL:

**ALTO**

CAPACIDAD ( MILES BTUH ):

**68.3**

ALETAS POR PULGADA:

**4**

CFM'S

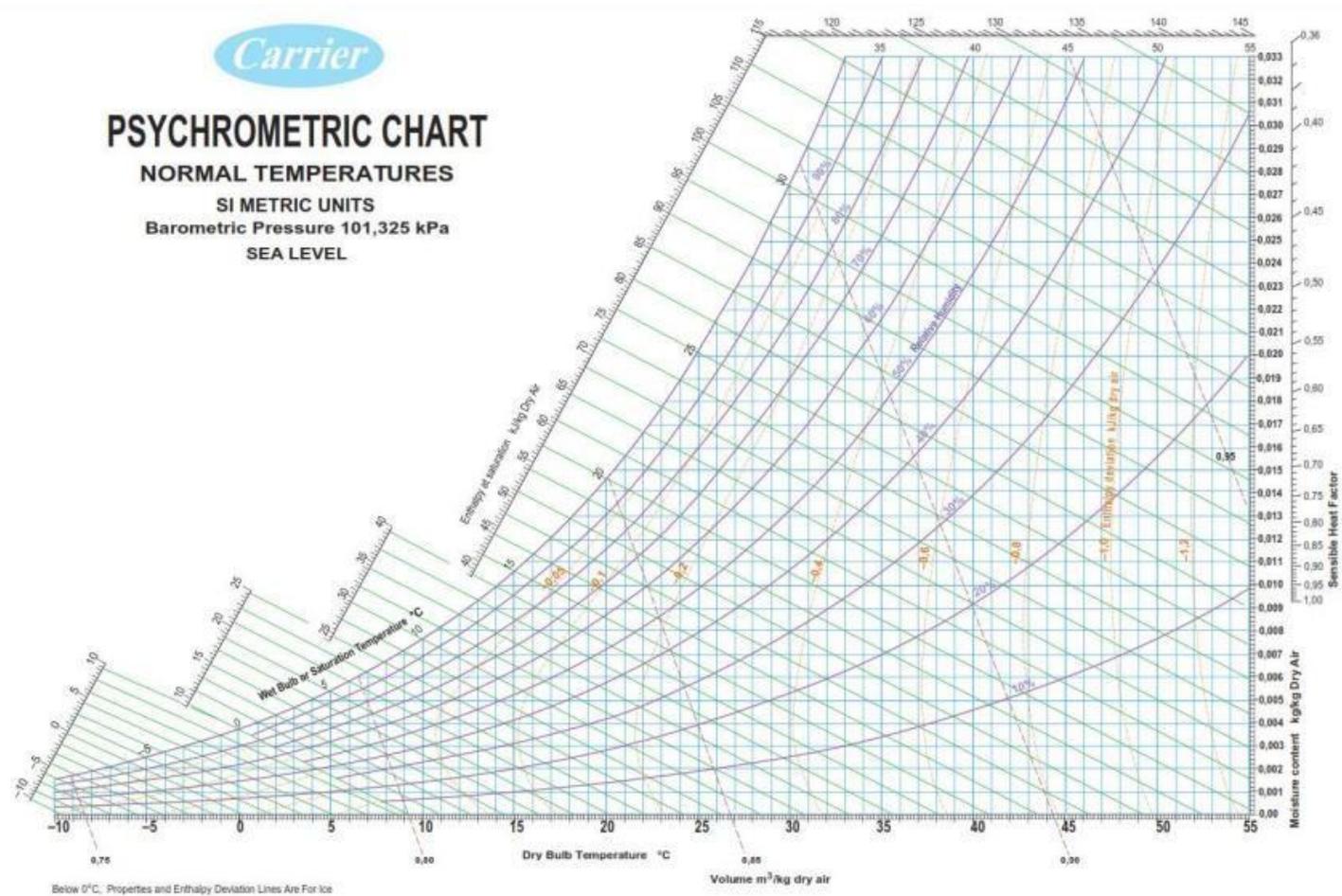
**15900**



Las imágenes son meramente ilustrativas,  
y las características del pueden variar sin previo aviso.

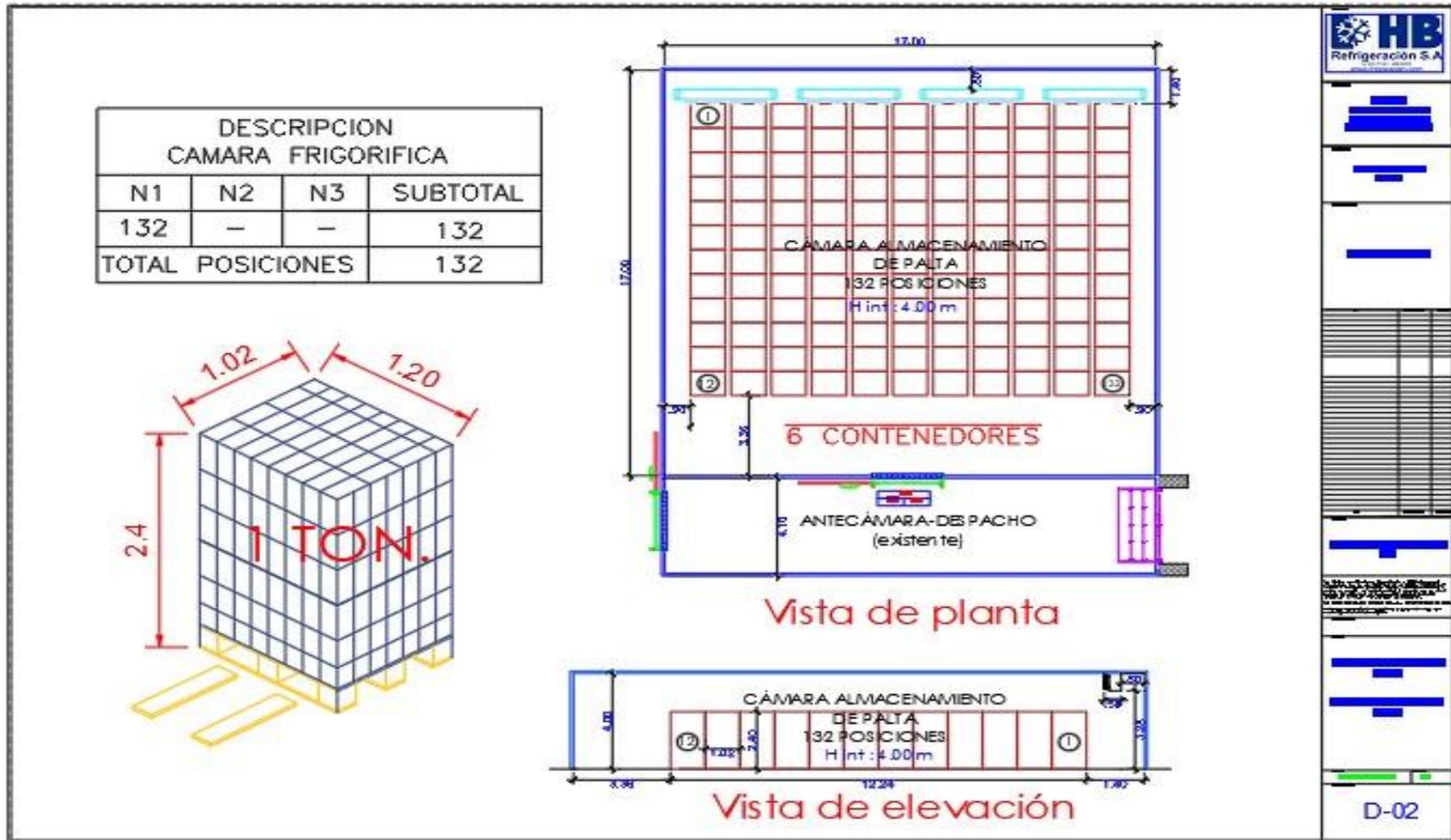
DATOS VENTILADOR:					DESHIELO: <b>ELECTRICO</b>	
CANTIDAD:	TIPO DE MOTOR:	VOLTAJE:		INFORMACIÓN DE RESISTENCIAS:		
<b>3</b>	<b>ALTO VOL. AIRE</b>	<b>230/3/60</b>		WATTS:		
	POTENCIA:	AMPERAJE:		<b>12.9</b>		
	<b>7163</b>	<b>18</b>		VOLTAJE:		
				<b>230/3/60</b>		
DIMENSIONES:					AMPERAJE:	
CM	ALTO:	LARGO	ANCHO	PESO (KG)	<b>35.8</b>	
	<b>103</b>	<b>267</b>	<b>75</b>	<b>200</b>		

### ANEXO 3: Cara psicrométrica del aire a condiciones de presión atmosférica





### ANEXO 5: Plano de planta y elevación de la cámara frigorífica



## ANEXO 6: Plano esquemático – Sistema de Refrigeración

