

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL EN LA FORMA DE
“EXPERIENCIA LABORAL CALIFICADA” PARA OPTAR EL
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**Diseño, Ingeniería y Construcción de Planta de Refrigeración
Industrial para la Exportación de Frescos y Congelados con
Refrigerantes Freón, Glicol, Amoníaco y CO₂.**

Línea de Investigación: Diseño, Manufactura y Mecanización

Sub Línea de Investigación: Gestión Empresarial

Autor: Sánchez Mariano, Luis Vicente

Jurado Evaluador:

Presidente : Müller Solón, José Antonio

Secretario : Chimoy Asto, Guillermo Enrique

Vocal : Urcia Cruz, Manuel

Asesor: León Culquichicón, Jorge Iván.

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8687-0186>

Trujillo–Perú 2025

Fecha de Sustentación: 09/06/2025

INFORME DE SIMILITUD

Diseño, Ingeniería y Construcción de Planta de Refrigeración Industrial para la Exportación de Frescos y Congelados con.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

1%

INDICE DE SIMILITUD

1%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.udape.gob.bo

Fuente de Internet

1%

2

repositorio.usm.cl

Fuente de Internet

1%

Juan Lionel
ID 000026758
CIP 52831

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

< 1%

Excluir bibliografía

Activo

Declaración de Originalidad

Yo, **León Culquichicón, Jorge Iván**, docente del Programa de Estudio Ingeniería Industrial, de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor del trabajo de suficiencia profesional titulado: **“Diseño, Ingeniería y Construcción de Plantas de Refrigeración Industrial para la Exportación de Frescos y Congelados con Refrigerantes Freón, Glicol, Amoníaco y CO2.”**, autor **Sánchez Mariano, Luis Vicente**, dejo constancia de lo siguiente:

- *El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 1%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el (30, mayo del 2025).*
- *He revisado con detalle dicho reporte y la tesis y no se advierte indicios de plagio.*
- *Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.*

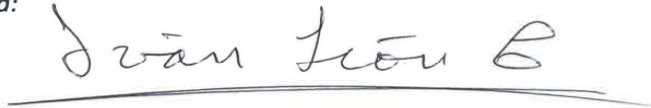
Lugar y fecha: Trujillo, 30 de Mayo del 2025

León Culquichicón, Jorge Iván.

DNI: 18091963

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8687-0186>

Firma:



Sanchez Mariano, Luis Vicente

Autor:

DNI: 45518846

Firma:



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL EN LA FORMA DE
“EXPERIENCIA LABORAL CALIFICADA” PARA OPTAR EL
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**Diseño, Ingeniería y Construcción de Planta de Refrigeración
Industrial para la Exportación de Frescos y Congelados con
Refrigerantes Freón, Glicol, Amoníaco y CO₂.**

Línea de Investigación: Diseño, Manufactura y Mecanización

Sub Línea de Investigación: Gestión Empresarial

Autor: Sánchez Mariano, Luis Vicente

Jurado Evaluador:

Presidente : Müller Solón, José Antonio

Secretario : Chimoy Asto, Guillermo Enrique

Vocal : Urcia Cruz, Manuel

Asesor: León Culquichicón, Jorge Iván.

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8687-0186>

Trujillo–Perú 2025

Fecha de Sustentación: 09/06/2025

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Diseño , Ingeniería y Construcción de Planta de Refrigeración Industrial para la
Exportación de Frescos y Congelados con Refrigerantes Freón, Glicol,
Amoniaco y CO2.**


APROBADA EN CONTENIDO Y ESTILO POR:



Presidente
Müller Solón Jose Antonio
CIP N°: 41187



Secretario
Chimoy Asto Guillermo Enrique
CIP N°: 158222



Vocal
Manuel Urcia Cruz
CIP N°: 27703



Asesor
León Culquichicón Jorge
CIP N°: 52831

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	7
EXECUTIVE SUMMARY	8
CAPITULO I: CONTEXTO Y DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA.....	9
1.1. Descripción de las Organizaciones donde he laborado.....	10
1.2. Organización donde Laboro Actualmente.....	12
1.3. Años de Experiencia Laboral.....	13
1.4. Cargo Actual.....	13
CAPITULO II: INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO	13
2.1. Nombre del Proyecto.....	13
2.2. Objetivo y Objeto de Estudio.....	13
2.3. Descripción del Proyecto.....	14
2.4. Marco Conceptual que da Sustento al Objeto de Estudio.....	15
2.4.1. El Ciclo de Refrigeración.....	15
2.4.2. Proceso de Refrigeración Industrial.....	17
2.4.3. Bases Teóricas.....	18
2.5. Metodología.....	20
2.5.1. Tipo de Investigación.....	21
2.5.2. Diseño de Investigación.....	21
2.5.3. Variables de Investigación.....	21
2.5.4. Población y Muestra.....	21
2.5.5. Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos.....	21
2.5.6. Normativas de Carácter Regulatorio y Estándares para el Desarrollo del Proyecto.....	22
CAPITULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO	23
3.1. ETAPA 1. INICIO DEL PROYECTO	26
3.1.1. Datos Recolectados para el Diseño de la Planta de Refrigeración.....	26
3.2. ETAPA 2. DISEÑO Y PROPUESTA TECNICA DEL PROYECTO	26
3.2.1. Esquema General del Proceso de la Fruta en Planta.....	26
3.2.2. Análisis del Diseño Arquitectónico de los Ambientes a Climatizar.....	27
3.2.3. Estimación y Análisis de las Cargas Térmicas en los Ambientes a Climatizar.....	29
3.2.4. Estimación de la Carga Termina por Formulación Manual.....	30
3.2.5. Cálculo de la Carga Térmica Mediante el uso de Software Heatcraft RS2015	36
3.2.6. Resumen del Análisis de las Cargas Térmicas	37
3.2.7. Selección de Componentes de Acuerdo al Cálculo de Cargas Térmicas.....	38
3.2.8. Cuadro de Cargas Eléctricas.....	41
3.2.9. Selección de Paneles de acuerdo a la Carga Térmica y Diseño de Planta.....	43
3.2.10. Cálculo y Verificación Estructural de los Racks de Almacenamiento.....	44
3.2.11. Ingeniería y Diseño de Túneles.....	47
3.2.12. Memoria Descriptiva.....	50

3.2.13. Propuesta Económica.....	51
3.3. ETAPA 3. DESARROLLO DE LA INGENIERÍA A DETALLE.....	51
3.3.1. Cálculo de Tuberías y Válvulas.....	51
3.3.2. Listado de Válvulas.....	54
3.3.3. Esquema Técnico.....	56
3.3.4. Planos y Modelados.....	58
3.3.5. Selección y Cálculo de Amoniaco.....	60
3.3.6. Diseño y programación para la automatización.....	64
3.3.7. Diseño e instalación de la termometría.....	65
3.4. ETAPA 4. EJECUCIÓN Y SUPERVISIÓN DEL PROYECTO.....	66
3.4.1. Instalación de Racks Autoportantes.....	66
3.4.2. Instalación de Paneles Termoaislantes.....	68
3.4.3. Instalación de tuberías y válvulas.....	71
3.4.4. Instalación de Equipos.....	74
3.4.5. Limpieza y presurizado.....	74
3.4.6. Carga de Amoniaco.....	75
3.5. ETAPA 5. CIERRE Y POST VENTA DEL PROYECTO.....	76
3.5.1. Puesta en Marcha.....	76
3.5.2. Análisis de la Curva de Enfriamiento.....	81
3.5.3. Control de Indicadores.....	84
3.5.4. Plan de Mantenimiento.....	86
CAPITULO IV: LECCIONES APRENDIDAS Y PROYECCIÓN PROFESIONAL.....	87
4.1. Lecciones Aprendidas.....	87
4.2. Proyección Profesional.....	88
4.3. Conclusiones.....	89
4.4. Anexos Relevantes.....	90
4.5. Evidencias Panel Fotográfico por Ciclos del Proyecto.....	103
4.6. Fuentes de Consultas.....	111

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cuadro de formación profesional.....	9
Figura 2 Información de la empresa donde laboro actualmente.....	12
Figura 3 Ciclo de refrigeración.....	15
Figura 4 Proceso de refrigeración industrial.....	17
Figura 5 Ciclo de vida del proyecto ejecutado.	23
Figura 6 Diagrama de procesos de las etapas de la instalación de la planta, parte1.	24
Figura 7 Diagrama de procesos de las etapas de la instalación de la planta, parte2.	25
Figura 8 Esquema general del packing.....	27
Figura 9 Ambientes de nave 01	28
Figura 10 Ambientes de nave 02	28
Figura 11 Layout diseño de la planta de los ambientes.	29
Figura 12 Formula del calor sensible.	31
Figura 13 Formula del calor por transferencia.	31
Figura 14 Cuadro de calores específicos de la fruta.	32
Figura 15 Conductividad térmica según ficha técnica del panel seleccionado.....	34
Figura 16 Conductividad térmica del cemento pulido.....	35
Figura 17 Resumen de las cargas para los túneles.....	36
Figura 18 Cuadro de cálculo del SR15.....	36
Figura 19 Cuadro resumen del análisis de la carga térmica.....	37
Figura 20 Ejemplo del análisis de factor de servicio.	38
Figura 21 Capacidad del compresor seleccionado.....	39
Figura 22 Capacidad del condensador seleccionado.	40
Figura 23 Resumen del análisis de carga y capacidad térmica requerida.....	40
Figura 24 Resumen de cargas eléctricas.....	41
Figura 25 Carga eléctrica de los ambientes climatizados.	42
Figura 26 Carga eléctrica del compresor y condensador.....	42
Figura 27 Datos según la tabla de NTP E=030.....	45
Figura 28 Reporte de perfiles a fabricar SAP2000.....	46
Figura 29 Modelado del diseño de racks.	46
Figura 30 Diseño de túnel californiano.	47
Figura 31 Primera posición tapa central.	48
Figura 32 Segunda posición de tapas frontales.....	49
Figura 33 Posiciones de tapas posteriores.	49
Figura 34 Portada de la memoria descriptiva enviada.....	50
Figura 35 Resumen de propuesta económica.	51
Figura 36 Ejemplo de tubería y paquete de válvulas.....	52

Figura 37	Referencia de ingreso de los datos.	53
Figura 38	Comparación entre la instalación real y el esquema técnico modelado.	55
Figura 39	Esquema técnico de paquetes de válvulas en los evaporadores.	56
Figura 40	Esquema técnico sala de máquinas.	57
Figura 41	Densidad del amoniaco según el iiar de refrigeración.....	61
Figura 42	Resumen de los cálculos de kg requeridos de amoniaco.....	61
Figura 43	Pantalla HMI de la planta de refrigeración.	64
Figura 44	Estructura de la termometría en la computadora de control.	65
Figura 45	Tolerancias de montaje.	67
Figura 46	Observaciones topográficas en el eje X.	68
Figura 47	Detalle de montaje y fijaciones de paneles.	69
Figura 48	Cortes de frío en los paneles.	70
Figura 49	Inyección de poliuretano para hermetizar.	70
Figura 50	Normativa para el biselado en las juntas de soldadura.....	71
Figura 51	Secuencia de cordones de soldadura.	72
Figura 52	Colores normados para tuberías de amoniaco expuestas.....	73
Figura 53	Seccionamiento para limpieza y presurizado.	75
Figura 54	Tabla de conversión de vacío.	76
Figura 55	Reducción de temperatura por tiempos, en un arranque de planta.	78
Figura 56	Parámetros de regulación del tanque de bombeo.	79
Figura 57	Programación de deshielo para los evaporadores.....	79
Figura 58	Parámetros para el funcionamiento del compresor.	80
Figura 59	Parámetros para Regulación de Válvulas.....	80
Figura 60	Análisis de la curva del proceso 1 de enfriamiento.	82
Figura 61	Análisis de la curva del proceso 2 de enfriamiento.	83
Figura 62	Cuadro de indicadores para los mantenimientos de planta.....	85
Figura 63	Anexo página inicial de la memoria descriptiva de la propuesta de diseño.	90
Figura 64	Anexo resumen de la propuesta económica.	91
Figura 65	Anexo cronograma de la ejecución del proyecto.	92
Figura 66	Anexo ingeniería esquema técnico – SADEMA.....	93
Figura 67	Anexo ingeniería modelado del esquema técnico.	94
Figura 68	Anexo acta de inicio de obra.	95
Figura 69	Anexo supervisión gestión de acciones en obra.	96
Figura 70	Anexo informes de eventos críticos a proveedores.	97
Figura 71	Anexo informes avance de obra e indicadores.	98
Figura 72	Anexo gestión económica del proyecto.....	99
Figura 73	Anexo gestión de cierre - información técnica del proyecto.	100
Figura 74	Anexo gestión de cierre - Primera página del plan de mantenimiento elaborado.	101
Figura 75	Anexo recepción de obra culminada.	102

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro de comparación entre paneles termoaislantes.....	43
Tabla 2 Ventajas y Desventajas de los refrigerantes más usados.....	62
Tabla 3 Diferencia y cualidades de los refrigerantes en los proyectos.....	63

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente proyecto, se conocerán las distintas etapas del proceso constructivo mecánico industrial, del arranque y puesta en marcha de una planta de refrigeración agroexportadora, la cual es sumamente importante para la demanda en la cadena de packing de frutas frescas y congeladas, en el cual nuestro país se posiciono en el octavo lugar del ranquin mundial de exportaciones con 6,500 millones de dólares el pasado año 2024, y debido a que nos encontramos a miles de kilómetros de los importadores es vital contar con una ingeniería de refrigeración industrial para la preservación y conservación de los productos exportados, desde la cosecha hasta el mercado final.

El grupo Friopacking está presente en el rubro de la refrigeración industrial en el Perú, diseñando y construyendo diversas plantas agroexportadoras en las distintas regiones estratégicas para el cultivo y exportación. Como ingenieros tenemos el objetivo de integrar las diversas ramas de la ingeniería para lograr el desarrollo del proyecto.

El estudio enmarca una investigación explicativa y aplicada empleando un diseño experimental. Con base al análisis financiero y al diseño del master plan que acompaña al crecimiento y cumpla con los objetivos de calidad, producción y demanda requerida, elaboramos la ingeniería con un carácter técnico económico que permite una adecuada ejecución del proyecto integrando el diseño, la ingeniería y la ejecución de: losas industriales aptas para bajas temperaturas, estructuras metálicas empernadas para soportes de altas cargas, sistemas de refrigeración de media y bajas temperaturas, sala de máquinas con equipos de alta carga de compresión y bombeo, centralización y automatización de los diferentes ambientes de la planta. En conclusión, el proyecto ejecutado tendrá un gran impacto de utilidad ya que contiene conocimientos de aspectos técnicos los cuales se aprenden en campo y durante el proceso constructivo el cual involucra la integración de las ingenierías.

Palabra Clave: Refrigeración Industrial, Refrigerantes, Preservación y Conservación.

EXECUTIVE SUMMARY

This project will explore the various stages of the industrial mechanical construction process, including the start-up and commissioning of an agricultural export refrigeration plant. This plant is extremely important for the demand in the fresh and frozen fruit packaging chain. Our country is ranked eighth in the world export rankings with \$6.5 billion in 2024. Because we are located miles away from importers, it is vital to have industrial refrigeration engineering for the preservation and conservation of exported products, from harvest to final market.

The Friopacking group is present in the industrial refrigeration sector in Peru, designing and building various agricultural export plants in different strategic regions for cultivation and export. As engineers, our goal is to integrate the various branches of engineering to achieve project development.

The study encompasses explanatory and applied research using an experimental design. Based on the financial analysis and the design of a master plan that supports growth and meets quality, production, and demand objectives, we developed a technical and economic engineering approach that allows for proper project execution, integrating the design, engineering, and execution of: industrial slabs suitable for low temperatures, bolted steel structures for high-load support, medium- and low-temperature refrigeration systems, a machine room with high-load compression and pumping equipment, and centralization and automation of the plant's various environments. In conclusion, the executed project will have a significant useful impact as it incorporates knowledge of technical aspects learned in the field and during the construction process, which involves the integration of engineering.

Keywords: Industrial Refrigeration, Refrigerants, Preservation, and Conservation.

CAPITULO I: CONTEXTO Y DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA.

Mi formación académica parte desde el egreso de la carrera técnica en Computación Informática, un bachillerato en Ingeniería Industrial completada entre los años 2013 - 2017, diplomados en Gestión de Proyectos de Desarrollo, Gestión de Post Cosecha y cursos de especialización de Refrigeración Industrial.

Figura 1

Cuadro de formación profesional.

Tipo de formación	Nombre del Curso	Especialidad	Centro de Estudios	Fecha de emisión
Seminario Virtual	Selección Correcta de un Compresor	Refrigeración Industrial	Cero G-Celsius	14/11/2018
Seminario Presencial	Nuevas tendencias en Refrigeración Industrial	Refrigeración Industrial	Friopacking	06/06/2019
Curso Virtual	Refrigerantes Naturales	Refrigeración Industrial	Danfoss	18/02/2022
Curso Virtual	Principios de los compresores	Refrigeración Industrial	Danfoss	04/05/2022
Curso Virtual	Componentes de Refrigeración Danfoss	Refrigeración Industrial	Danfoss	14/05/2022
Curso Virtual	Controladores eléctricos	Refrigeración Industrial	Danfoss	14/05/2022
Curso Virtual	Introducción a los dispositivos de expansión	Refrigeración Industrial	Danfoss	14/05/2022
Curso Virtual	Introducción a los sistemas de refrigeración industrial	Refrigeración Industrial	Danfoss	29/04/2022
Curso	Especialización en Gestión Postcosecha Agroindustrial	Gestión Agroindustrial	Escuela Latinoamericana de agricultura	20/06/2022
Curso	Gestión de Proyectos de Desarrollo	Ingeniería	Project Management instituto	13/08/2023

Nota. Esta figura muestra un resumen de la formación obtenida en cuanto a mi experiencia en refrigeración industrial y gestión de proyectos industriales. Elaboración propia.

En el transcurso de mi carrera laboral la cual empezó culminando la carrera técnica, he laborado en diversas instituciones dedicadas al rubro de transporte logístico, de construcción metalmecánica y refrigeración industrial, iniciando mi trayectoria como supervisor de operaciones logísticas y en los últimos ciclos de la carrera universitaria, inicie como supervisor de proyectos en obras de estructura metálica entre los años 2016 y 2017, para posteriormente dedicarme a la refrigeración industrial como supervisor de proyectos en los años 2018 al 2022, en el año 2023 ingreso a la gerencia de proyectos en obras metalmecánicas y en obras públicas de construcción civil. Actualmente soy gerente general de mi empresa en una sociedad anónima cerrada con participación del 50%

inscrita y habilitada desde el año 2020, la cual nos dedicamos al servicio de mantenimiento, construcción industrial y agroindustrial. Nuestro último servicio fue la instalación de una cámara de congelado y de frescos para la conservación de insumos y materiales en el comedor principal de la empresa Agrovisión S.A.

1.1. Descripción de las Organizaciones donde he laborado.

- **Friopacking S.A.C:**

5 años (diciembre del 2017 a diciembre del 2022).

Empresa especializada y dedicada al diseño de packing de procesos de frutos y alimentos congelados y frescos, llevando a cabo proyectos de refrigeración comercial e industrial, en la modalidad de entrega de llave en mano, adecuando el desarrollo del diseño a los requisitos de los clientes sin dejar de lado la preservación de la calidad del producto.

Participación como Supervisor de Proyectos en las siguientes obras:

- Construcción de Planta Empacadora de Espárragos Frescos “APAMAC” - Los Molinos Ascope (enero 2018 a mayo 2018).
- Construcción de Packing de Arándanos Frescos “BLUEBERRIES PERU” - Chao - La Libertad (julio 2018 a diciembre 2018).
- Construcción de Planta Empacadora de Uva “AGROCASAGRANDE” – Casagrande - La Libertad (febrero 2019 a agosto 2019).
- Construcción de Packing de Palta “INVERSIONES AGRICOLAS” – Olmos – Lambayeque (enero 2020 a septiembre 2020).
- Construcción de Planta procesadora de Arándanos Frescos “DANPER MUCHIK” – Trujillo – La Libertad (marzo 2021 a octubre 2021).
- Construcción de Planta Procesadora de Frutas Frescas “MEDLOG PIURA” – Piura – Piura (noviembre 2021 a abril 2022)
- Construcción de Planta Procesadora de Frutas Frescas “BOMAREA” – Olmos (mayo 2022 a diciembre 2022)

- **Cold Project S.A.C**
2 años (enero 2023 a octubre del 2024)

Empresa piurana dedicada a la construcción y servicios para el sector privado y público, para el rubro de construcción, especializado en:

- Refrigeración Comercial
- Estructura Mecánica y Metalmecánico.
- Construcción de Obras Civiles e Hidráulicas
- Carreteras y Saneamiento.
- Alquiler de Maquinaria Pesada.

Participación como Gerente de Proyectos en las siguientes obras:

- Obra de Contratación Directa N.º 002-2023-mdll/oec-Servicio de Mantenimiento y Rehabilitación de la trocha carrozable Pampa Elera – el Tongal ubicación Piura alto.

Código sinpad - 170487

- Obra de Licitación Pública N.º 003-2023mps/cs-1- Contratación de la Ejecución de la obra: Mejoramiento y Ampliación del Servicio Deportivo en el AA.HH. Nuevo Chancay ubicación Bernal Piura.

CUI N.º - 2483743.

- Obra de Licitación Pública N.º 006-2023-mps/cs- Obra Creación del Servicio de Transitabilidad Vehicular y Peatonal en el Sector la Primavera ubicación Vice – Piura.

CUI N.º - 2551423.

- **CySA Ingeniería y Proyectos S.A.C**
(noviembre 2024 a la actualidad).

Empresa Peruana – Trujillana dedicada al desarrollo de ingeniería, construcción y servicios para el sector privado con especializaciones en:

- Desarrollo de Ingeniería

- Refrigeración Industrial y Comercial
- Electricidad Industrial y Automatización
- Estructura Metalmecánica
- Mantenimiento de Máquinas y Motores Industriales
- Servicio de Supervisión para Obras Industriales.

1.2. Organización donde Laboro Actualmente.

La empresa CySA Ingeniería y Proyectos SAC desde su creación cuenta con una trayectoria de servicios de 4 años en el mercado peruano, especializándose en soluciones integrales para la refrigeración industrial y construcción de naves industriales para la exportación de alimentos, con servicios de complementación en mantenimiento de plantas industriales.

Figura 2

Información de la empresa donde laboro actualmente.

Información General del Contribuyente	
Apellidos y Nombres o Razón Social	: CYSA INGENIERIA Y PROYECTOS S.A.C.
Tipo de Contribuyente	: 39 - SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
Fecha de Inscripción	: 16/10/2020
Fecha de Inicio de Actividades	: 01/11/2020
Estado del Contribuyente	: ACTIVO
Dependencia SUNAT	: 0063 - ITI.LA LIBERTAD-MEPECO
Condición de Domicilio Fiscal	: HABIDO
Emisor electrónico desde	: 10/11/2020
Comprobantes electrónicos	: FACTURA (desde 10/11/2020)
Nombre Comercial	: -
Tipo de Representación	: -
Actividad Económica Principal	: 7110 - ACTIVIDADES DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA Y ACTIVIDADES CONEXAS DE CONSULTORÍA TÉCNICA
Actividad Económica Secundaria 1	: 4390 - OTRAS ACTIVIDADES ESPECIALIZADAS DE CONSTRUCCIÓN
Actividad Económica Secundaria 2	: 4652 - VENTA AL POR MAYOR DE EQUIPO, PARTES Y PIEZAS ELECTRÓNICOS Y DE TELECOMUNICACIONES
Sistema Emisión Comprobantes de Pago	: COMPUTARIZADO
Sistema de Contabilidad	: COMPUTARIZADO
Código de Profesión / Oficio	: -
Actividad de Comercio Exterior	: SIN ACTIVIDAD

Nota. Datos de la empresa donde labora actualmente extraída de la página web de la Sunat (<https://e-consultaruc.sunat.gob.pe/cl-ti-itmrconsruc/FrameCriterioBusquedaWeb.jsp>).

1.3. Años de Experiencia Laboral.

Desde el bachillerato obtenido en abril del 2018 he acumulado una experiencia laboral de 7 años en roles relacionados con diseño, ingeniería, desarrollo, ejecución y puesta en marcha (servicio) de proyectos de refrigeración industrial y servicio de mantenimiento de plantas agroexportadoras.

1.4. Cargo Actual.

Mi cargo actual es el de Gerente General con participación del 50% en una sociedad anónima cerrada en la empresa CySA Ingeniería y Proyectos SAC.

CAPITULO II: INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO

2.1. Nombre del Proyecto.

Diseño, Ingeniería y Construcción de Plantas de Refrigeración Industrial para la Exportación de Frescos y Congelados con Refrigerantes Freón, Glicol, Amoniac y CO₂.

2.2. Objetivo y Objeto de Estudio.

2.2.1. Objetivo

Participación en el diseño, la ingeniería, el desarrollo, supervisión y la puesta en marcha del proceso constructivo de la planta de refrigeración con amoniac, para procesamiento de frutas frescas – Medlog – Piura – Perú, ejecutado por la empresa Friopacking S.A.

2.2.2. Objeto del Proyecto

Desarrollar y supervisar la construcción de la planta de refrigeración con amoniac para procesamiento de frutas frescas – Medlog – Piura (Contrato de Obra N° 2720 de fecha 25/08/2020 y por la cantidad de US\$. 3 658 781.00 (tres millones seiscientos cincuenta y ocho mil setecientos ochenta y uno con 01/100 dólares americanos), más el IGV.

2.2.3. Objetivos Específicos

- Mantener las temperaturas objetivas para la conservación de las frutas.
- Mantener la humedad relativa en los ambientes refrigerados.
- Mantener pureza en el aire, dentro de las cámaras de refrigeración.
- Reducir los tiempos de enfriamiento y aumentar la capacidad de las cámaras y túneles de frío.
- Mejorar el consumo energético escogiendo adecuadamente los sistemas de enfriamiento.
- Seguridad en el sistema de válvulas y sala de máquina.

2.3. Descripción del Proyecto

Perú en la actualidad es el principal protagonista de la industria de exportación de frutas frescas y congeladas, ya que cuenta con condiciones climáticas, geográficas y rutas logísticas favorables con respecto a los demás países de la región, esto permite al Perú convertirse en uno de los principales exportadores agroindustriales.

Uno de los factores de desarrollo para llegar a este nivel de exportación es el sistema de refrigeración el cual es de vital importancia dentro de la planta y del proceso de packing (Cadena de Frío), desde el diseño, la ingeniería y la construcción nos permitirá alcanzar niveles de enfriamiento adecuado para la conservación de la fruta y optimas calidades en el despacho y traslado logístico.

Cuando el cliente obtiene los resultados de su plan de cosecha y su evaluación financiera obtiene un resultado de presupuesto positivo, se procede con el ciclo de vida del proyecto:

- Recolección de datos y necesidades del ingeniero de campo y de planta.
- Diseño de planta, estimación y análisis de la carga térmica.
- Memoria descriptiva y presupuesto del proyecto.
- Desarrollo ingeniería a detalle y selección de componentes.
- Ejecución, instalación y puesta en marcha del proyecto.
- Plan de mantenimiento de planta, servicio post venta.

Existen diferentes tipos de sistema de refrigeración en el mundo con diferentes tipos de refrigerantes, el cual cada uno de ellos está diseñado para aplicaciones específicas dentro

del mercado de la refrigeración y exportación, pero todas deben cumplir con los criterios básicos en la refrigeración industrial.

- El ciclo de refrigeración debe mantener un uso eficiente del consumo energético.
- El ciclo de refrigeración debe cumplir con las leyes de seguridad las cuales se interrelacionan con la seguridad y protección de las personas y el medio ambiente.

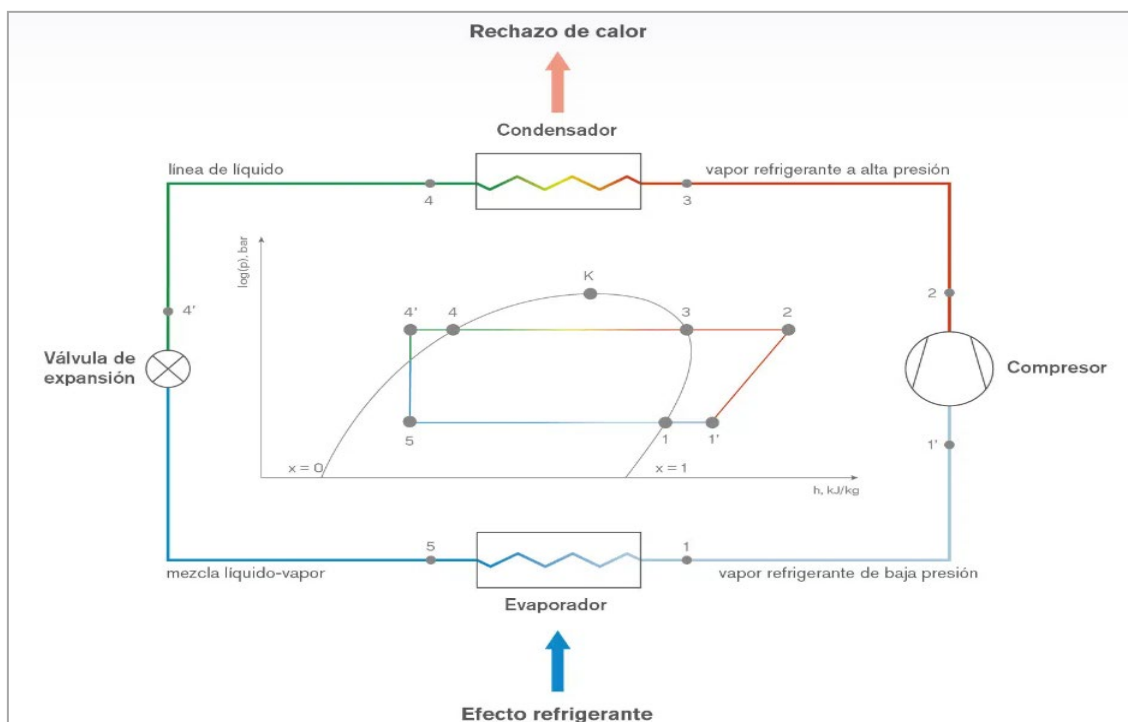
El enfoque general de la refrigeración industrial es mantener satisfactoriamente la calidad del producto enfriado en sus diferentes etapas del proceso de packing.

2.4. Marco Conceptual que da Sustento al Objeto de Estudio.

2.4.1. El Ciclo de Refrigeración.

Figura 3

Ciclo de refrigeración.



Nota. La figura nos muestra los cuatro procesos básicos y fundamentales de un ciclo de refrigeración. Adaptado de Area Cooling Solutions por Area Academy 2023 (<https://areacooling.com/areacademy>).

El ciclo de refrigeración es el proceso fundamental dentro de la industria alimentaria el cual, mediante elementos fundamentales como la transferencia de calor y la termodinámica de fluidos, permite la extracción del calor de un elemento o ambiente, el cual funciona mediante una serie de procesos que trabajan en conjunto los cuales son:

- Compresión.
- Condensación.
- Evaporación.
- Expansión.

con una característica de producir y mantener una temperatura por debajo de la del medio ambiente que nos rodea.

Estos procesos realizan un intercambio de calor entre los refrigerantes fríos que absorben el calor a muy bajas temperaturas, circulando por las diferentes etapas del ciclo a través de los cambios de estado de líquido a gas y viceversa.

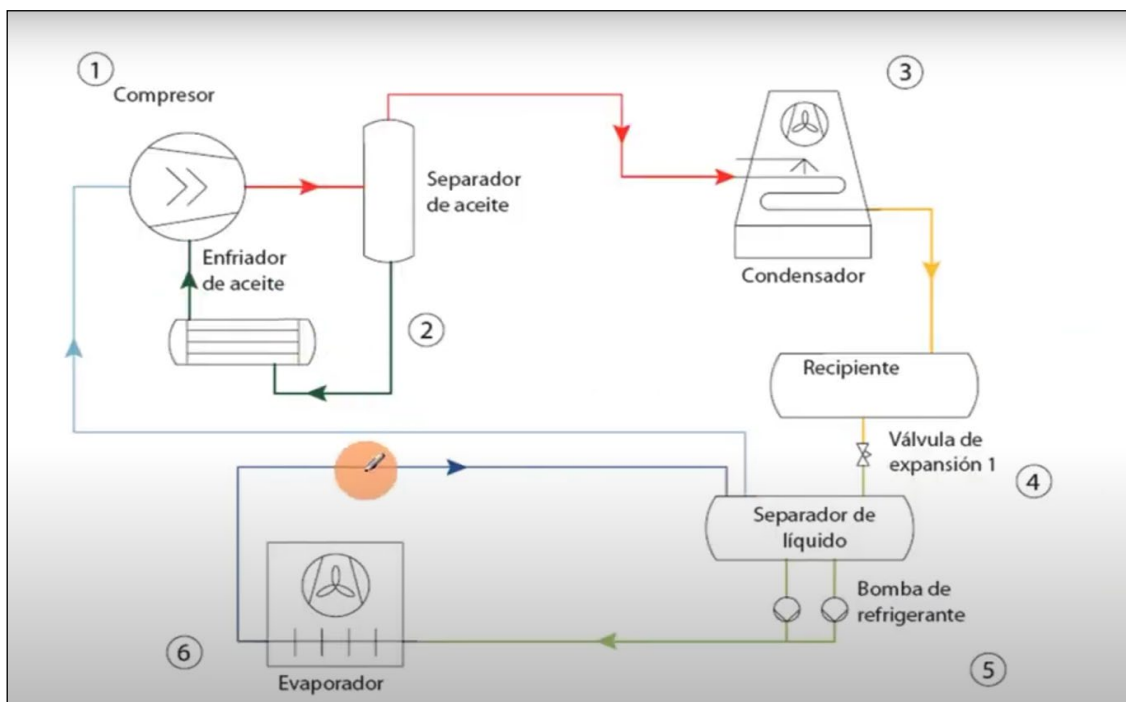
Para que se realice este intercambio calorífico en el sistema de refrigeración se necesita de la recirculación de un fluido (refrigerante) que al evaporarse recibe el calor de un producto o su entorno. Los refrigerantes naturales o sintéticos son sustancias o líquidos enfriadores con un punto de evaporación muy bajo, cuando el refrigerante se evapora y roba el calor de su entorno, pasa en estado gaseoso por un compresor donde se eleva su presión y temperatura, las cuales son las condiciones adecuadas para volver a ser condensado expulsando así el calor absorbido del producto o ambiente enfriado a la atmósfera.

Una vez condensado el refrigerante, se encuentra en un estado líquido a baja presión, este se introduce nuevamente en el evaporador, dando inicio una vez más al ciclo de enfriamiento, el flujo del refrigerante actúa como medio de transporte a presión, para mover el calor del evaporador el cual se encuentra en el ambiente a enfriar hacia el condensador.

2.4.2. Proceso de Refrigeración Industrial.

Figura 4

Proceso de refrigeración industrial.



Nota. La figura nos muestra que en un ciclo de refrigeración industrializado se añaden mayores componentes de acuerdo a la dimensión de la planta y al diseño de enfriamiento. Diagrama adaptado del curso de refrigeración con amoníaco por Confor Empresarial Latinoamérica 2022. (<https://www.youtube.com/watch?v=s6DrN1CfvyQ>).

Para entender el esquema técnico del proyecto, estudiaremos el proceso de refrigeración de la figura (4) descrita, donde vemos que se añaden más elementos y componentes dentro del ciclo de refrigeración y esto debido a la magnitud del proyecto al ser industrializado.

El compresor (1), succiona el refrigerante húmedo en estado líquido/gaseoso (gas saturado) el cual es comprimido aumentando su presión y temperatura (gas sobrecalentado) fluyendo por la (tubería) línea de descarga hacia el ingreso del condensador (3) donde el calor es expulsado hacia la atmósfera empujado por el flujo de aire de los ventiladores del condensador, este mismo rosea agua como ducha en el serpentín donde fluye el refrigerante sobrecalentado reduciendo la temperatura de saturación

transformando el gas a (líquido saturado), que después de pasar por el tanque recibidor este fluye a través de la (tubería) línea de líquido, el cual llega hasta el paquete o válvula de expansión (4) donde disminuye la presión y la temperatura del refrigerante ingresando (líquido) al tanque separador donde las bombas (5) recirculan el refrigerante en estado líquido saturado el cual descarga en el evaporador (6), en los sistemas de refrigeración industrial existen los paquetes de válvulas donde se realiza una expansión líquido que se produce antes del ingreso al evaporador, estas válvulas modulan y controlan el flujo de refrigerante que fluyen por el evaporador en estado líquido a baja presión absorbiendo el calor del producto o ambiente y se evapora convirtiéndose en gas saturado. El resultado del gas producto a la evaporación fluye por la (tubería) línea de la succión (húmeda) hacia la entrada del compresor, pasando primero por el tanque separador de líquido quedando listo para iniciar nuevamente el proceso de refrigeración industrial.

2.4.3. Bases Teóricas.

Según Roy J. Dossat (Principles of Refrigeration año 1999 – pag.109) la refrigeración en general se define como cualquier proceso de eliminación de calor, más específicamente, se define a la refrigeración como la rama de la ciencia que trata con los procesos de reducción y mantenimiento de la temperatura de un espacio o material a temperatura inferior con respecto de los alrededores correspondientes. Para lograr lo anterior debe sustraerse calor del cuerpo que va a ser refrigerado y ser transferido a otro cuerpo cuya temperatura es inferior a la del cuerpo refrigerado, debido a que el calor eliminado del cuerpo refrigerado es transferido a otro cuerpo, es evidente que refrigeración y calefacción son en realidad los extremos opuestos del mismo proceso.

- **Carga Térmica.** Es la proporción o cantidad de calor que será extraído del producto o ambiente para reducir o mantener una temperatura deseada. Estas provienen del calor del producto, iluminación interna, motores, paredes, número de personas dentro del ambiente, etc.
- **Refrigerante.** Es la sustancia o líquido natural o sintético empleado para extraer el calor, el cual su temperatura de evaporización debe ser menor de la temperatura deseada a enfriar.

- **Temperatura.** Es una medida de la presión térmica de un cuerpo que expresa el grado de calor o frío de tal manera que una alta temperatura indica una alta presión térmica y una baja presión térmica indica una baja temperatura.
- **Presión.** Es la magnitud física que mide la intensidad de una fuerza.
- **Convección.** Es el desplazamiento de calor dentro de un fluido en movimiento, en la refrigeración usamos la convección forzada el cual sería la succión del ventilador ubicadas en las cámaras y/o túneles.
- **Capacidad Frigorífica.** Es la potencia y velocidad a la cual el calor es absorbido en el espacio o en la materia.
- **Entalpia.** Es la Propiedad de una materia la cual se define como la cantidad de calor que posee un cuerpo.
- **Temperatura de Saturación.** Líquido o refrigerante que pasa de fase líquida a gas o viceversa, a una cierta presión dada.
- **Líquido o Gas Saturado.** Refrigerante o líquido que se encuentra en temperatura de saturación (punto de ebullición).
- **Líquido subenfriado.** Refrigerante o líquido que se encuentra por debajo del punto de ebullición.
- **Gas sobrecalentado.** Refrigerante o líquido que se encuentra por encima de la temperatura de saturación.
- **Expansión.** Proceso por el cual se reduce la presión y la temperatura del refrigerante en estado líquido hasta la presión de evaporación, a medida que el líquido va fluyendo a través de los paquetes, válvulas de expansión o de control, este elemento recibe refrigerante en estado líquido a alta presión y subenfriado y entrega líquido y gas a baja presión y temperatura.

- **Evaporación.** Es el proceso en el cual el refrigerante en estado líquido se encuentra a baja presión y baja temperatura esto después de pasar por la válvula de expansión y del serpentín del evaporador, este líquido absorbe el calor del medio ambiente, producto o materia y al robar calorías cambia de estado y se evapora en gas, aquí es donde se produce el frío ya que el punto de ebullición del refrigerante es muy bajo.
- **Condensación.** Es el proceso en donde el refrigerante en estado gaseoso sobrecalentado se le extrae el calor absorbido durante el proceso de evaporación y el calor ganado en el proceso de compresión, este calor es rechazado al ambiente por medio de ventiladores y por medio del agua fría roseadas en las tuberías donde fluye el refrigerante este alcanza su estado líquido saturado a la salida del condensador.
- **Compresión.** Proceso donde se incrementa la presión del refrigerante en estado gaseoso el cual fue succionado desde el evaporador, este proceso da las condiciones necesarias para la condensación del refrigerante. El compresor succiona el refrigerante húmedo liquido/gaseoso en baja presión y en baja temperatura y lo descarga a alta presión y a alta temperatura.
- **Intercambiador de Placas o Calor.** Equipo donde se realiza la transferencia de calor entre dos refrigerantes sin la necesidad que estos entren en contacto directo.
- **Amoniaco.** Compuesto químico cuyas moléculas fabricadas industrialmente sirven para ser usadas como refrigerante a capacidades frigoríficas de hasta -50°C .
- **Glicol.** Fluido químico que evita el congelamiento o sobrecalentamiento del agua.

2.5. Metodología.

Metodología Cuantitativa

2.5.1. Tipo de Investigación.

Este proyecto tiene un fin aplicativo y de alcance descriptivo, ya que se busca la utilización de fundamentos teóricos y la aplicación de los resultados detallando las características, elementos y componentes claves implementados en el proyecto.

2.5.2. Diseño de Investigación.

El diseño de este proyecto es no experimental ya que el presente estudio comienza en los fundamentos teóricos del sistema de refrigeración y partiendo de un plan de negocio económico positivo se empieza a obtener las necesidades de las distintas áreas y etapas del proceso de packing para continuar con el diseño y las posteriores etapas del desarrollo del proyecto.

2.5.3. Variables de Investigación.

2.5.3.1. Variable Independiente. Sistema de Refrigeración.

2.5.3.2. Variable Dependiente. Mantener la Temperatura Objetiva.

2.5.4. Población y Muestra.

2.5.4.1. Población: Producción Mango, Uva y Palta de la Región Norte – Piura.

2.5.4.2. Muestra: Ingreso de 250TN diarias de Fruta.

2.5.5. Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos.

Las técnicas que se plantearon a usar en el proyecto son:

Observación: Para dar inicio al diseño del sistema de refrigeración se realizó la reunión de kick-off entre la empresa solicitante (Medlog) y la empresa ejecutora (Friopacking), con el fin de recolectar información, parámetros y datos, los cuáles serán medidos para iniciar la memoria descriptiva del proyecto y continuar con el diseño del sistema de frío. A través de esta técnica de recolección se tendrá información de los siguientes puntos:

- Humedades relativas del interior y exterior
- Temperatura del producto cosechado.
- Temperatura de ingreso del producto.
- Tipo de producto a refrigerar.
- Temperatura de cámaras, para el ingreso, pre almacenamiento, sala de proceso, almacenamiento y despacho.
- Temperatura ambiente del lugar.
- Ubicación de la planta.
- Líneas de proceso a usar.

Revisión Documentaria: Para diseñar el sistema de refrigeración tenemos que estudiar los diferentes tipos de elementos y componentes como son los, refrigerantes, compresores, válvulas, racks de almacenamiento, evaporadores, cámaras, túneles, cobertura y tipo de aislamiento de los diferentes ambientes etc, teniendo en cuenta los estándares, normativas vigentes y fichas técnicas de cada elemento.

2.5.6. Normativas de Carácter Regulatorio y Estándares para el Desarrollo del Proyecto.

- Ley de Aire Limpio – (CAA) Estados Unidos (Uso y regulación de emisiones con amoníaco NH_3).
- NTO ISO 5149 – 2021 Perú (Seguridad Medio ambiental para sistemas de refrigeración).
- Normas y condiciones del ASHRAE (Sociedad estadounidense de ingenieros de refrigeración y calefacción).
- Normativa IIAR- Requisitos para la industria de la refrigeración, referencia el ammonia refrigeration piping hadbook.
- ANS/IIAR 2 – 2021 Estándar para el diseño de sistemas de refrigeración con NH_3 , en sistemas cerrados.
- Normativa E.020, E.030, E.050, al E.0.70 y E.0.90, del reglamento nacional de edificaciones.

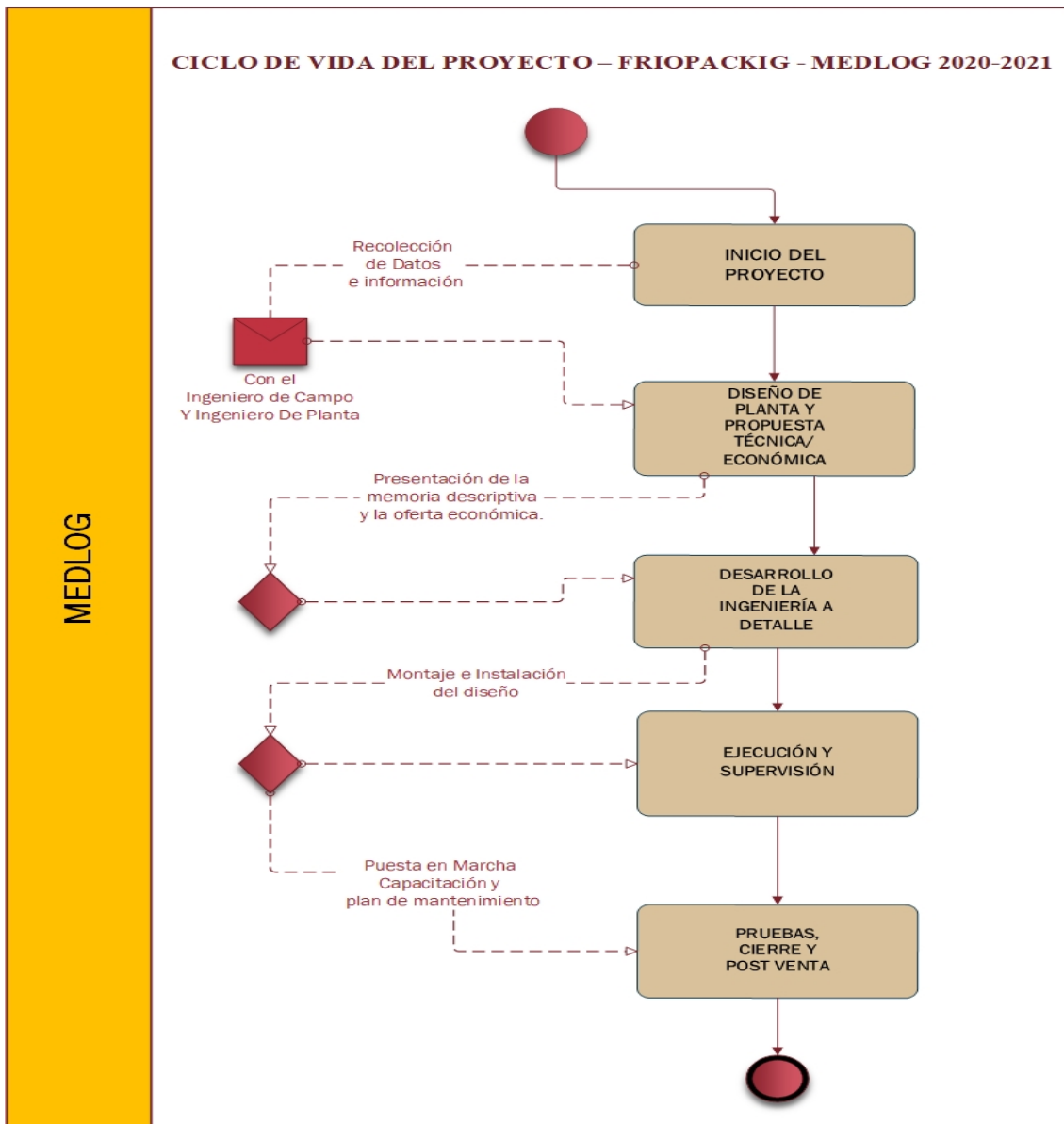
-

CAPITULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO

Teniendo la información después de las visitas comerciales con el cliente, damos inicio al ciclo de vida del proyecto a diseñar y ejecutar, como se muestra en el siguiente flujo.

Figura 5

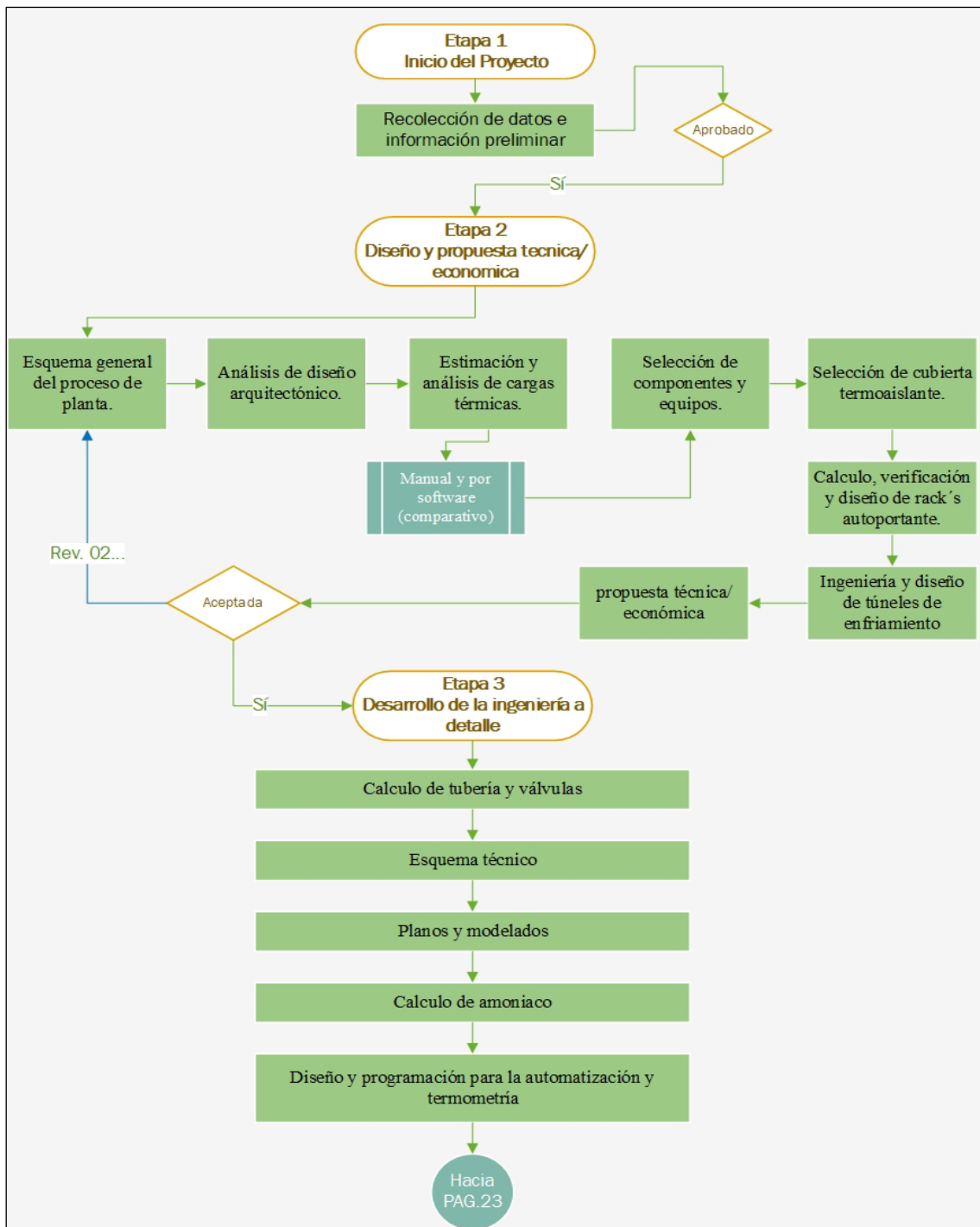
Ciclo de vida del proyecto ejecutado.



Nota. Este flujograma nos muestra el ciclo de vida de un proyecto industrial enfocado a la refrigeración, el cual mediante puerta de enlaces con el cliente permite el desarrollo posterior de cada etapa. Elaboración propia.

Figura 6

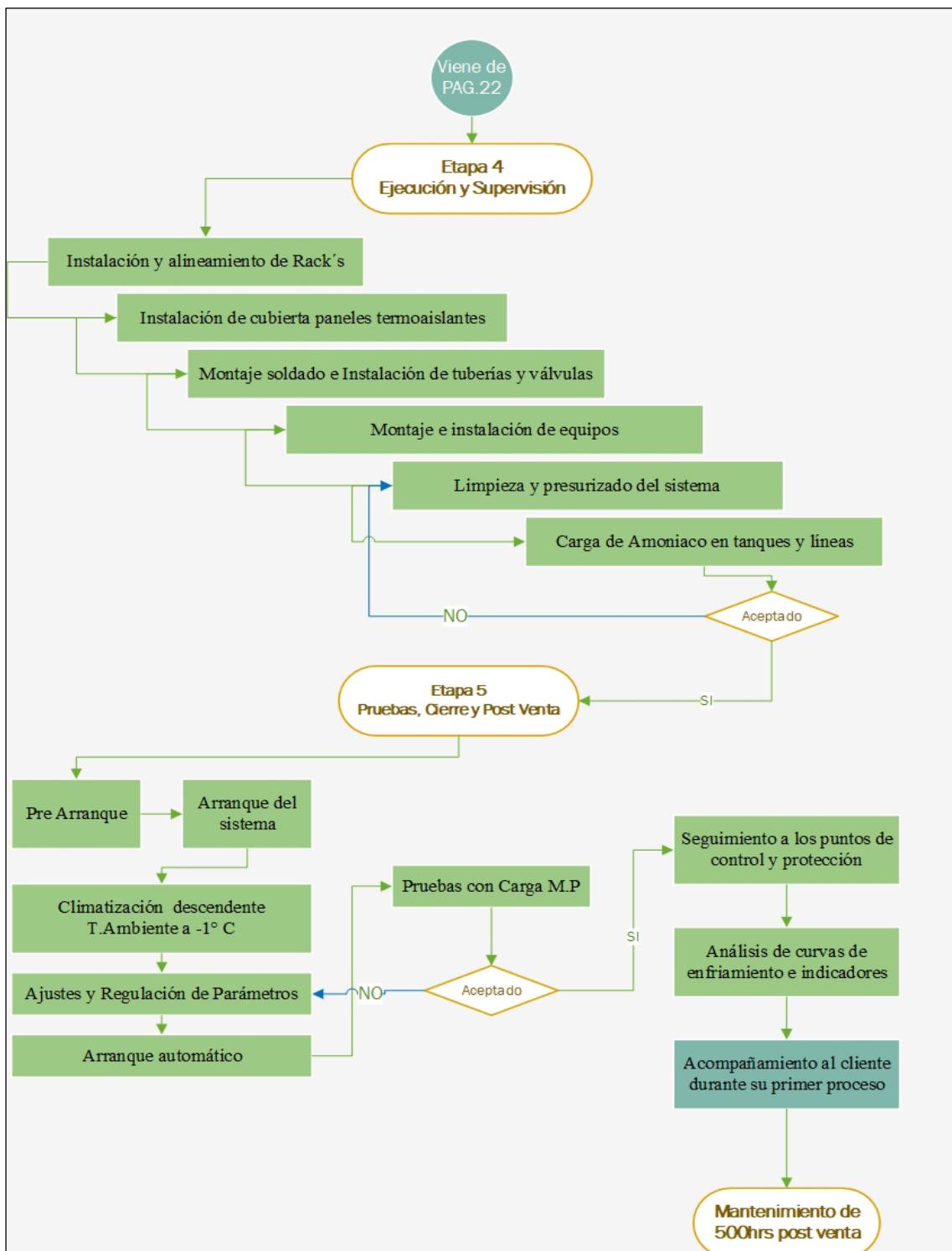
Diagrama de procesos de las etapas de la instalación de la planta, parte I.



Nota. El diagrama de bloques nos muestra a detalles los procesos para la construcción e instalación de la planta de refrigeración dentro de cada etapa establecida en el ciclo de vida del proyecto. Elaboración propia.

Figura 7

Diagrama de procesos de las etapas de la instalación de la planta, parte 2.



Nota. El diagrama de bloques nos muestra a detalles los procesos para la construcción e instalación de la planta de refrigeración dentro de cada etapa establecida en el ciclo de vida del proyecto. Elaboración propia.

3.1. ETAPA 1. INICIO DEL PROYECTO

3.1.1. Datos Recolectados para el Diseño de la Planta de Refrigeración.

- Lugar, Piura, con temperatura de ambiente de 32 a 35°C con una humedad relativa del 80% al 85%, según el boletín regional hidrometeorológico de Piura.
- Las Frutas cosechadas que ingresaran a planta para ser refrigeradas y exportadas son: (Uva, Mango, Arándano y Palta), el arándano necesita ser gasificado.
- Los ambientes de procesos de la planta se dividirán en (Nave de Arándano y Uva) y (Nave de Mango y Palta).
- La temperatura de ingreso de la fruta oscila entre los 30°C a 35°C.
- Extensión del terreno 34mil m².
- Se necesita medir y controlar la temperatura interna de la fruta durante el golpe de frío en los túneles, con el fin de evitar quemaduras.
- Volumen proyectado de ingreso de fruta 250TN diaria (Incluye Maquila).
- Se necesita un diseño de túnel para enfriar 20pallet por batch.
- Se Requiere un refrigerante no toxico para la vida humana dentro de la sala de proceso, en donde se ubicará la mayor cantidad 80% del personal de la planta.

3.2. ETAPA 2. DISEÑO Y PROPUESTA TECNICA DEL PROYECTO

3.2.1. Esquema General del Proceso de la Fruta en Planta

Entendiendo el ciclo de refrigeración, teniendo los datos recolectados y requerimientos del cliente en la reunión de kick-off, se plantea la base del esquema de packing de acuerdo al detalle de la operación y proceso de empaquetado. Se diseñó la nave industrial de refrigeración en base a los siguientes procesos de la planta.

En resumen, el cliente necesita refrigerar y despachar 250TN diarias de producto terminado, esto quiere decir 9 contenedores de 40 Pies diarios con una ampliación futura de 400TN diarias. Ver figura 8.

Figura 8

Esquema general del packing.



Nota. Este esquema nos indica el recorrido de la fruta la cual pasara por los distintos ambientes y temperaturas. Elaboración propia.

3.2.2. Análisis del Diseño Arquitectónico de los Ambientes a Climatizar.

El diseño de infraestructura y arquitectura se detalla en la memoria descriptiva del proyecto, esta se diseñó de acuerdo al proceso multifruta para el aprovechamiento al 100% de la capacidad de la planta y de los meses intercalados de cosecha del arándano, mango palta y uva, es decir, construir una nave para el servicio de packing, maquila y distribución logística el cual permita procesar y enfriar diferentes tipos de frutas lo cuales requirieren distintas temperaturas y seteos en los ambientes climatizados.

El Proyecto contempla la implementación de 2 naves; una nave para el proceso de arándano y uva, más una segunda nave para el proceso de mango y palta, detallaremos los ambientes y sus temperaturas a considerar en los planos de desarrollo y en la memoria descriptiva.

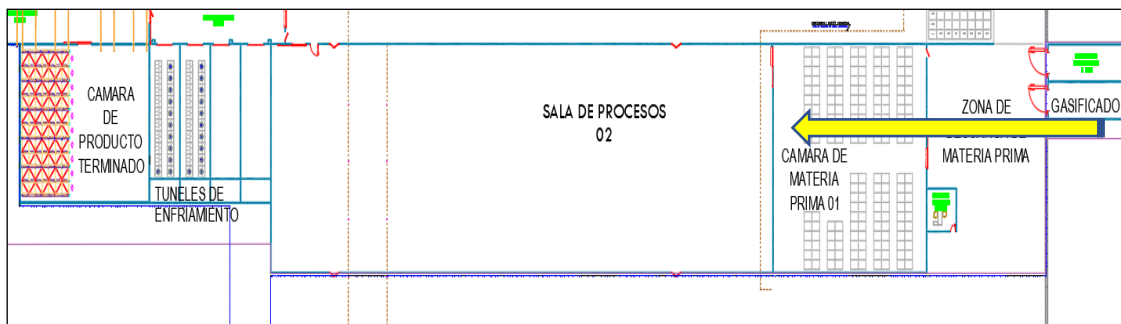
3.2.2.1. Ambientes Nave de Arándano y Uva.

- 02 Gasificado.
- 01 Cámara de materia prima, climatizada (+18 °C).
- 01 Sala de procesos, climatizada (+15 °C).

- 04 Túneles californianos para 20 pallets cada uno, climatizados (0 °C).
- 01 Cámara de producto terminado autoportante, climatizada (0 °C).

Figura 9

Ambientes de nave 01



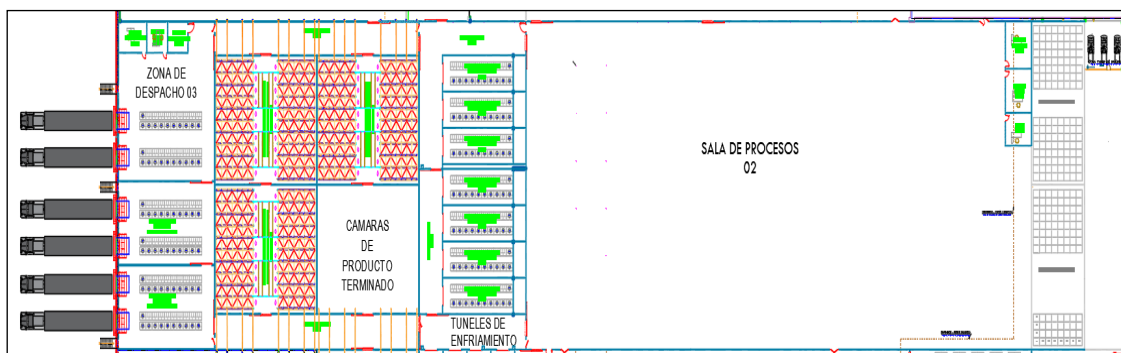
Nota. La figura nos muestra el diseño de los ambientes en la nave1 con dirección desde la recepción hasta el almacenamiento del producto terminado. Elaboración propia.

3.2.2.2. Ambientes Nave de Mango y Palta.

- 01 Sala de procesos con temperatura ambiente.
- 07 Túneles californianos para 20 pallets cada uno, climatizados (-1 °C).
- 04 Pasillos, climatizados (0 °C).
- 04 Cámaras de producto terminado autoportantes, climatizadas (-1 °C).
- 03 Despachos autoportantes, climatizados con amoníaco (-1 °C).

Figura 10

Ambientes de nave 02

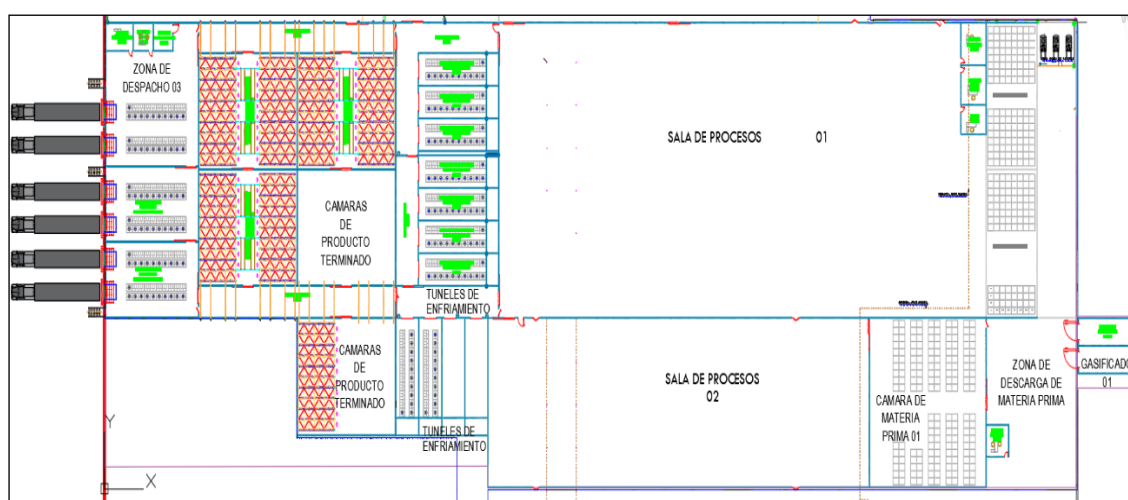


Nota. La figura nos muestra el diseño de los ambientes en la nave2 con dirección desde la recepción hasta el despacho del producto terminado. Elaboración propia.

Se muestra el layout general del diseño de los ambientes refrigerados de acuerdo al requerimiento del cliente. Se tomaron en cuenta detalles como ubicación de puertas, para el flujo del proceso de la fruta, seguridad del personal en cuanto a la ubicación del gasificado ya que contiene un gas altamente toxico (SO₂), ubicación de las líneas de proceso para el empaquetado del producto y el amarre de los pallets, ubicación y posición de los túneles debido al alto nivel sonoro de los ventiladores, ubicación y posición de los despachos teniendo en cuenta el giro de unidades de carga,

Figura 11

Layout diseño de la planta de los ambientes.



Nota. En el siguiente diseño vemos el plano general del diseño de ambas naves dando arquitectura a los ambientes de la planta. Elaboración propia.

3.2.3. Estimación y Análisis de las Cargas Térmicas en los Ambientes a Climatizar.

Tomamos el concepto de la carga térmica antes descrito, realizamos la identificación y análisis de la carga térmica, definimos la cantidad de calor que debe ser extraída de las cámaras, túneles o ambientes para reducir o mantener la temperatura objetivo, con este análisis de carga térmica procederemos a seleccionar el refrigerante y los equipos adecuados para el ciclo de refrigeración.

Según el libro de refrigeración y la (ASHRAE) American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, debemos considerar factores como:

- Temperatura de la fruta recién llegada de campo o acopio.
- Dimensiones de los ambientes.
- Calor interno de las personas que estarán dentro de los ambientes refrigerados.
- Temperatura de motores, personal y cualquier otro equipo que transmita calor.
- Temperatura del ambiente externo.
- Coeficiente de seguridad.

3.2.4. Estimación de la Carga Termino por Formulación Manual

Conceptos a tener en cuenta para entender el desarrollo del cálculo.

- **Calor Sensible.** Forma de energía para agregar o extraer calor sensible de la fruta, la temperatura disminuye o aumenta sin afectar o producir cambios físicos del producto o estructura molecular de la fruta. Para el diseño del sistema utilizaremos la suma de todos los calores sensibles involucrados en el proceso.
- **Calor Latente.** Forma de energía que se libera para que una sustancia cambie de estado. En el caso de la refrigeración industrial (Presión).
- **Capacidad de Refrigeración.** Es la potencia que un equipos o sistema necesita para enfriar un ambiente o materia, este indica el calor total que puede extraer por tiempos, la expresamos en, Kw/h.
- **Potencia de refrigeración.** Es la fuerza generada en un tiempo específico que transforma energía eléctrica en otro tipo de energía o fuerza.
- **El triángulo del enfriamiento.** Es la forma de enfriar, con el diseño adecuado para traspasar las barreras de los envases y embalajes.

Aplicaremos el cálculo manual y reforzaremos con el software de cálculo (CoolPack).

Las fórmulas que usaremos son

- Carga térmica por producto - calor sensible.

Figura 12

Formula del calor sensible.

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1)$$

Donde:
 \dot{m} = Flujo másico
 C_p = Calor Específico
 $(T_2 - T_1)$ = Diferencia de temperatura

$$\dot{m} = m/t$$

Donde:
 m = masa, Kg.
 t = Tiempo, Segundos.

Nota. Figura que nos muestra la formula del calor sensible. Tomada y adaptada del libro, Acondicionamiento Térmico de Edificios. (2005). Victorio Santiago Días y Raúl Oscar Barreneche – 1ª ed.- Buenos Aires – Argentina.

- Carga térmica por ambiente – calor por transferencia

Figura 13

Formula del calor por transferencia.

$$Q = \frac{A \cdot k \cdot (T_2 - T_1)}{e}$$

Donde:
 A = Área cuadrada
 k = Conductividad Térmica
 $(T_2 - T_1)$ = Diferencia de temperatura
 e = espesor

Nota. Figura que nos muestra la formula del calor por transferencia. Tomada y adaptada del libro, Acondicionamiento Térmico de Edificios. (2005). Victorio Santiago Días y Raúl Oscar Barreneche – 1ª ed.- Buenos Aires – Argentina.

- Calor Total

$$Q_{total} = Q_{sen} + Q_{tra} + \text{Otras Cargas Caloríficas}$$

Al calor total se suman los calores de motores, luminarias, calor por personas y algún otro elemento que este dentro del ambiente que tenga una carga térmica.

3.2.5.1. Cálculo de Carga Térmica para los Túneles.

- **Flujo Masico** = 1 000Kg por producto armado + 100Kg adicional entre materiales para el armado.

$$m = (1\,000\text{kg} + 100\text{kg}) \times 20\text{pallets}$$

$$m = 22\,000\text{kg}$$

- **Calor Especifico** = Valor de la tabla internacional según producto, m= al Cp más alto de las frutas a enfriar.

$$m = 0.91\text{cal/kg/}^{\circ}\text{C}$$

Figura 14

Cuadro de calores específicos de la fruta.

CALORES ESPECÍFICOS								
Frutas	Temp. conservac. °C	Humedad relativa %	Tiempo conservac. recomend.	Punto de congelac. °C	Calor esp. antes cong. Kcal/Kg/°C	Calor esp. después cong. Kcal/Kg/°C	Calor latente Kcal/Kg	Calor respirac. Kcal/Tm/24h
Aguacates	+0 a +1	85/90	2/3 semanas	-2,7	0,91	0,46	62,0	1.200-6.000
Albaricoques	+0 a +1	85/90	2/4 semanas	-2,2	0,91	0,48	67,9	160-2.200
Arándanos	+2 a +4	90/95	2/4 meses	-0,9	0,90	0,46	69,3	110-2.800

Nota. En la siguiente figura nos muestra el Cp de la fruta, tomamos el valor más alto para realizar nuestro calculo. Adaptado de UAM, Universidad Autónoma Metropolitana, curso de Ingeniería de Alimentos, año académico 2020.

- **Delta de Temperatura** = a la diferencia de temperatura de ingreso de la fruta – la temperatura de salida.

$$\Delta T = (18-0) = \Delta T = 18 \text{ K expresada en K por el 0 absoluto.}$$

- **Tiempo de Enfriamiento = 6hrs**

$$t = 6\text{hrs} \times 3600\text{seg}$$

$$t = 21600\text{seg}$$

Formulamos.

Calor Sensible.

$$Q_s = (22000\text{kg}/21600\text{seg}) \times (0.91\text{cal/kg/}^\circ\text{C} \times 4.18) \times (18^\circ\text{C}-0^\circ\text{C})$$

$$Q_s = (1.0185\text{kg/s}) \times (3.80\text{kJ/kg/k}) \times (18\text{k})$$

$$Q_s = (1.0185/\text{s}) \times (3.80\text{kJ}) \times (18)$$

$$Q_s = 69.665\text{kJ/s es igual a un kilovatio.}$$

$$Q_s = 69.67\text{kw es a kilocaloría hora (859.85)}$$

$$Q_s = 59901.12\text{kcal/h del calor de la fruta}$$

Calor por transferencia en las paredes de largo.

$$Q_t = (L14\text{m} \times H4.5) \times (0.364\text{w/m}^2/\text{k}) \times (18^\circ\text{C}-0^\circ\text{C})$$

$$Q_t = ((63\text{m}^2) \times (0.364\text{w/m}^2/\text{k}) \times (18\text{k})) / 0.1\text{m}$$

$$Q_t = (63) \times (0.364\text{w}) \times (18) / 0.1$$

$$Q_t = 4127.76\text{w es igual a}$$

$$Q_t = 4.128\text{kw del calor por transferencia en el ambiente, pared L}$$

Calor por transferencia en las paredes de ancho.

$$Q_t = (A4.6 \times 4.5\text{H}) \times (0.364\text{w/m}^2/\text{k}) \times (18^\circ\text{C}-0^\circ\text{C})$$

$$Q_t = ((20.7\text{m}^2) \times (0.364\text{w/m}^2/\text{k}) \times (18\text{k})) / 0.1\text{m}$$

$$Q_t = (20.7) \times (0.364\text{w}) \times (18) / 0.1$$

$$Q_t = 1356.26\text{w es igual a}$$

$$Q_t = 1.356\text{kw del calor por transferencia en el ambiente, pared A}$$

Calor por transferencia en el techo.

$$Q_t = (A_{14} \times 4.6H) \times (0.364 \text{ w/m}^2/\text{k}) \times (18^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C})$$

$$Q_t = ((64.4 \text{ m}^2) \times (0.364 \text{ w/m}^2/\text{k}) \times (18 \text{ k})) / 0.1 \text{ m}$$

$$Q_t = (64.4) \times (0.364 \text{ w}) \times (18) / 0.1$$

$$Q_t = 4\,219.48 \text{ w es igual a}$$

$Q_t = 4.219 \text{ kw}$ del calor por transferencia en el ambiente, techo

Figura 15

Conductividad térmica según ficha técnica del panel seleccionado.

Propiedades Térmicas								
			Elementos Horizontales (Flujo Ascendente)			Elementos Verticales (Flujo Horizontal)		
Espesor [mm]	Peso [kg/m ²]	Largo Máximo (m)	Resistencia Térmica ⁽¹⁾ [m ² K/W]	Transmitancia Térmica		Resistencia Térmica [m ² K/W]	Transmitancia Térmica	
				W/m ² K	Kcal/m ² C		W/m ² K	Kcal/m ² C
50	9,1	8	1,442	0,693	0,597	1,472	0,679	0,584
75	9,6	12	2,093	0,478	0,411	2,123	0,471	0,405
100	10,1	14	2,744	0,364	0,314	2,774	0,360	0,310
120	10,5	14	3,265	0,306	0,264	3,295	0,303	0,261
150	11,1	14	4,046	0,247	0,213	4,076	0,245	0,211
200	12,1	14	5,348	0,187	0,161	5,378	0,186	0,160
250	13,1	14	6,650	0,150	0,129	6,680	0,150	0,129

Nota. El siguiente resumen nos muestra el dato de la conductividad térmica que necesitamos para el cálculo por transferencia de calor, Adaptado de la ficha técnica de Paneles Isopol Tupemesa (<https://www.tupemesa.com.pe/>).

Calor por transferencia en el piso.

$$Q_t = (A_{14} \times 4.6H) \times (0.53 \text{ w/m}^2/\text{k}) \times (18^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C})$$

$$Q_t = ((64.4 \text{ m}^2) \times (0.53 \text{ w/m}^2/\text{k}) \times (18 \text{ k})) / 0.1 \text{ m}$$

$$Q_t = (64.4) \times (0.53 \text{ w}) \times (18) / 0.1$$

$$Q_t = 6\,143.76 \text{ w es igual a}$$

$Q = 6.144 \text{ kw}$ del calor por transferencia en el ambiente, piso

Calor total del ambiente por transferencia

$$Q_t = (4.128 \text{ Kw} \times 2) + (1.356 \text{ Kw} \times 2) + 4.219 \text{ Kw} + 6.144 \text{ Kw}$$

$$Q_t = 8.3 + 2.7 + 4.2 + 6.14$$

$Q_t = 21.35 \text{ Kw}$ de calor por transferencia del ambiente.

$Q_t = 18\,357.7 \text{ kcal/h}$ de calor por transferencia del ambiente.

Figura 16

Conductividad térmica del cemento pulido.

ANEXO N° 3: Lista de características higrométricas de los materiales de construcción						
N°	Material	Densidad ρ (kg / m ³)	Coefficiente de Transmisión Térmica o de Conductividad térmica k (W / m K)	Transmitancia térmica U (W/m ² K)	Calor Específico C_p (J / kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua μ (adimensional)
	CONCRETO					
17	Concreto armado	2400	1.63	---	1000	80
18	Concreto simple	2300	1.51	---	1000	80
19	Cemento pulido	---	0.53	---	---	---

Nota. En esta figura nos muestra el dato en de la conductividad térmica del cemento pulido el cual encima de este se construirá los ambientes a climatizar. Adaptado de la Normativa Peruana EM.110 Confort Térmico.

Otros Calores.

Datos tomados de las fichas técnicas de los componentes cotizados a suministrar en el proyecto.

Ventiladores a usar con motor de 13Hp equivalencia a Kw x 0.7457

$$Q = 13\text{Hp} \times 2 = 26\text{HP} \quad (26\text{hp} \times 0.7457)$$

Q= 19.38Kw Carga térmica de los motores de los ventiladores.

Luminarias herméticas 2 consumo 2x14.7w

$$Q = 29.4 \times 8 = 235.2\text{W a Kw}$$

Q= 0.23Kw Carga Térmica de las Luminarias.

Figura 17

Resumen de las cargas para los túneles

Túneles				
CT - Producto	CT - Ambiente	CT - Motores	CT - Luminarias	CT - Personas
69.67	21.35	19.38	0.23	
Total KW			110.63 KW	
QTotal Kcal/h			95124.69 Kcal/h	

Nota. En la figura nos muestra un resumen de la sumatoria de las cargas térmicas calculadas para el diseño y selección de los componentes en los ambientes de los túneles, este proceso se replica para los demás ambientes de la planta. Elaboración propia.

3.2.5. Cálculo de la Carga Térmica Mediante el uso de Software Heatcraft RS2015

Calculo Manual $95\ 124.69\text{Kcal/h} = 110.63\text{Kw}$

Calculo por Software $101\ 142.00\text{Kcal/h} = 117.63\text{Kw}$

Figura 18

Cuadro de cálculo del SR15

Nota. Se muestra el resumen del cálculo mediante uso de software SR15, el cual nos sirve para comparación y validación de parámetros y de resultados, los cuales tienen que ser semejantes o aproximados. Elaboración propia.

Conclusión del análisis térmico, vemos una ligera diferencia entre los cálculos debido al factor de seguridad que usa el software y las decimas de diferencia que maneja en los Cp de las frutas, redondeamos la carga a 120Kw, para posteriormente tomar este dato en la selección de componentes.

3.2.6. Resumen del Análisis de las Cargas Térmicas

Los cálculos se realizarán de la misma manera para los diferentes ambientes, en las salas de proceso se consideran los datos de los motores de las líneas de selección y embalajes, también a ellos la carga de calor por personas según el estándar estudiado en el iiar de refrigeración.

Se adjunta el cuadro resumen de los cálculos desarrollados en este proyecto.

Figura 19

Cuadro resumen del análisis de la carga térmica.

ANÁLISIS DE CARGA TÉRMICA - MEDLOG						
- CARGAS TÉRMICAS						
1ERA ETAPA CONSTRUCCION						
CARGA TÉRMICA NH3 @ -10 °C		Cantidad	C.Evaporador	E.Total	Trabajo	
UVA	Calculo SR. 2015					
Túnel de Producto Terminado.	117.63 Kw	3.0 u.	120.00 Kw	360.00 Kw		100%
Cámara de Producto Terminado.	98.56 Kw	2.0 u.	101.00 Kw	202.00 Kw		100%
Pasillo de Producto Terminado.	36.80 Kw	1.0 u.	39.00 Kw	39.00 Kw		100%
Despacho.	77.95 Kw	1.0 u.	79.00 Kw	79.00 Kw		100%
PALTA						
Intercambiador de placas.	529.11 Kw	1.0 u.	532.00 Kw	532.00 Kw		100%
Túnel de Producto Terminado.	117.63 Kw	4.0 u.	120.00 Kw	480.00 Kw		100%
Cámara de Producto Terminado.	97.45 Kw	2.0 u.	101.00 Kw	202.00 Kw		100%
Pasillo de Producto Terminado.	36.89 Kw	1.0 u.	39.00 Kw	39.00 Kw		100%
Despacho.	78.45 Kw	1.0 u.	79.00 Kw	79.00 Kw		100%
MANGO						
Túnel de Producto Terminado.	117.63 Kw	4.0 u.	120.00 Kw	480.00 Kw		100%
Cámara de Producto Terminado.	98.56 Kw	2.0 u.	101.00 Kw	202.00 Kw		100%
Pasillo de Producto Terminado.	36.89 Kw	1.0 u.	39.00 Kw	39.00 Kw		100%
Despacho.	78.45 Kw	1.0 u.	79.00 Kw	79.00 Kw		100%
Intercambiador de placas.	805.36 Kw	1.0 u.	810.00 Kw	810.00 Kw		100%
CARGA REQUERIDA				3,622.00 Kw		
CARGA CON F.S.				2,173.20 Kw	60% F.S.	

Nota. En esta figura muestra el resumen del análisis térmico que se realizaron para cada ambiente a refrigerar. Elaboración propia.

La carga requerida a refrigerar es de 2 173.2Kw con un 60% de factor de servicio de acuerdo al proceso de enfriamiento coordinado con el cliente, el porcentaje de servicio nos indica el pico máximo de carga de todos los túneles prendidos al mismo tiempo.

Figura 20

Ejemplo del análisis de factor de servicio.

	F.S REFERENCIA TUNEL																							
	10am	11am	12pm	13pm	14pm	15pm	16ppm	17pm	18pm	19pm	20pm	21pm	22pm	23pm	00am	01am	02am	03am	04am	05am	06am	07am	08am	09am
Tunel 1	120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw	120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw	120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw
Tunel 2		120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw	120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw	120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw
Tunel 3			120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw	120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw	120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw
Tunel 4				120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw	120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw	120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw
Tunel 5					120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw	120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw	120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw
Tunel 6						120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw	120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw	120 Kw	103 Kw	86 Kw
Tunel 7							120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw	120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw	120 Kw	121 Kw
Tunel 8								120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw	120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw	-17 Kw
Tunel 9									120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw	120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw
Tunel 10										120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw	120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw
Tunel 11											120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw	17 Kw	0 Kw	120 Kw	103 Kw	86 Kw	69 Kw	51 Kw	34 Kw
	120 Kw	223 Kw	309 Kw	377 Kw	429 Kw	463 Kw	480 Kw	480 Kw	600 Kw	703 Kw	789 Kw	737 Kw	686 Kw	634 Kw	583 Kw	531 Kw	617 Kw	703 Kw	789 Kw	737 Kw	686 Kw	634 Kw	583 Kw	412 Kw
	kw tunel		Cantidades				Total Trabajo				Kw max trabajo				F.S									
	120 Kw		11				1,320 Kw				789 Kw				60%									

Nota. Esta figura muestra un análisis del factor de servicio tomando como ejemplo al ambiente de los túneles de enfriamiento con trabajo forzado de 7 horas por batch. Elaboración propia.

3.2.7. Selección de Componentes de Acuerdo al Cálculo de Cargas Térmicas.

Compresor:

Entre los compresores que mantienen una capacidad dentro del rango requerido seleccionamos al compresor Frick modelo RWF II134 con una capacidad nominal de 839.00kw de acuerdo a su Ficha Técnica, teniendo como resultado usar 3 compresores en línea, (maestro-esclavo) dando una capacidad por encima del 10% del factor de seguridad.

Carga Requerida: **2 173.20Kw**

Capacidad Compresores: **2 517.00Kw**, con una Potencia de 310Hp por compresor

Factor de Seguridad: **13.7%**

Figura 21

Capacidad del compresor seleccionado.

CAPACIDAD EN COMPRESORES											
		Cantidad	Capacidad Nominal Compressor	Factor uso	Capacidad Corregida Compressor	Capacidad Refrigeración	Motor	Aceite	Carga Condensación Unitaria	Carga Condensación Total	Motor HP
@ -10/+35°C	RWFH 119 SS	3 und.	739.70 Kw	100%	739.70 Kw	2,219.10 Kw	204.20 Kw	90.70 Kw	954.30 Kw	2,862.90 Kw	300.00 HP
						2,219.10 Kw				2,862.90 Kw	900.00 HP
@ -10/+35°C	RWFH 134	3 und.	839.00 Kw	100%	839.00 Kw	2,517.00 Kw	231.30 Kw	102.20 Kw	1,081.70 Kw	3,245.10 Kw	350.00 HP
						2,517.00 Kw				3,245.10 Kw	1,050.00 HP
@ -10/+35°C	N200VMD-M-TS	3 und.	824.90 Kw	100%	824.90 Kw	2,474.70 Kw	207.20 Kw	86.80 Kw	1,118.90 Kw	3,356.70 Kw	350.00 HP
						2,474.70 Kw				3,356.70 Kw	1,050.00 HP
@ -10/+35°C	N200VSD-M-TS	3 und.	655.90 Kw	100%	655.90 Kw	1,967.70 Kw	170.90 Kw	79.40 Kw	906.20 Kw	2,718.60 Kw	300.00 HP
						1,967.70 Kw				2,718.60 Kw	900.00 HP

Nota. Este cuadro comparativo, nos muestra la selección del compresor antes otras opciones similares, pero que tienen un coeficiente de seguridad por debajo del 10%.
Elaboración propia.

Condensador:

Para que el refrigerante cambie de estado de gas saturado a líquido subenfriado necesitamos que pase por el proceso de condensación, si vemos el resumen de datos del compresor tenemos una carga de 954.3Kw de condensación por 3 unidades, dan un total de 3 245.1Kw.

Dentro de los condensadores de magnitudes grandes para tal capacidad de condensación del compresor tenemos al WXR-3000B el cual tiene una capacidad de condensación de 1 800Kw x 2 a instalar.

Carga Requerida: **3 245.10Kw**

Capacidad Condensadores: **3 600.00Kw**

Factor de Seguridad: **10%**

Figura 22

Capacidad del condensador seleccionado.

- CAPACIDAD DE CONDENSACIÓN						
	Cantidad	Capacidad Nominal	Condiciones Operación	Capacidad Corregida	Capacidad Condensación	Factor USO
WXRD - 3000B.	2 und.	3,000.00 Kw	t _{bh} +29/t _c +35°C	1,800.00 Kw	3,600.00 Kw	100.00%
					3,600.00 Kw	

Nota. Este cuadro resumen, nos muestra la selección del condensador que cumple con el factor de seguridad del 10%. Elaboración propia.

Como resultado la Capacidad de compresión y condensación debe ser mayor a la carga requerida de refrigeración.

Resumen del Análisis.

Carga Requerida de Refrigeración: **2 173.20Kw o (1 866 552.00Kcal/h).**

Capacidad de Compresores: **2 517.00Kw o (2 164 230.47Kcal/h).**

Factor de Seguridad del **13.8%**.

Carga Requerida de Condensación: **3 245.10Kw o (2 790 238.79Kcal/h).**

Capacidad de Condensación: **3 600.00Kw o (3 095 442.86Kcal/h).**

Factor de Seguridad del **10%**.

Figura 23

Resumen del análisis de carga y capacidad térmica requerida.

- RESULTADOS					
CARGA REQUERIDA REFRIGERACIÓN	2,173.20 Kw			1866552.00 Kcal/h	
CAPACIDAD COMPRESORES	2,517.00 Kw	13.7%		2164230.47 Kcal/h	13.8%
CARGA DE CONDENSACIÓN	3,245.10 Kw			2790238.79 Kcal/h	
CAPACIDAD EN CONDENSADORES	3,600.00 Kw	10%		3095442.86 Kcal/h	10%

Nota, Esta imagen muestra el resumen de la carga térmica de toda la planta y la capacidad térmica de los equipos para poder realizar el ciclo de refrigeración en los procesos del packing. Elaboración propia.

3.2.8. Cuadro de Cargas Eléctricas

Revisamos las fichas técnicas de los motores y otras cargas eléctricas de cada componente de los ambientes a refrigerar,

Es decir, cada evaporador cuenta con ventiladores para mover el aire por convección forzada y facilitar la transferencia de calor por medio de las paredes del serpentín, estos motores tienen cierto Kw de consumo el cual se tendrá que multiplicar por la cantidad de motores y evaporadores de cada ambiente, este dato se obtiene de las fichas técnicas de los equipos preseleccionados.

Ejemplo.

Evaporador de pasillo, Ventilador 1.2Kw x 2 = 2.4Kw x 2 evaporadores a instalar 4.8Kw.

Figura 24

Resumen de cargas eléctricas.

Cliente	:	Medlog - Piura
Proyecto	:	PACKING DE PALTA, MANGO Y UVA
CARGAS UNITARIAS		
Item	POTENCIA ELECTRICA	POTENCIA FRIGORICA
TUNEL	34.40 Kw	120.00 Kw
DESPACHO	10.80 Kw	79.00 Kw
CAMARA	14.40 Kw	101.00 Kw
PASILLO	4.80 Kw	39.00 Kw
COMPRESOR	261.00 Kw	839.00 Kw
CONDENSADOR Y BOMBAS	86.00 Kw	1,800.00 Kw
GLICOL	186.70 Kw	810.00 Kw
GLICOL II	120.00 Kw	532.00 Kw

Ver F.T

Nota. Este resumen nos muestra la potencia eléctrica requerida para cada ambiente a refrigerar. Elaboración propia.

De tal manera que este análisis es repetitivo a excepción de los túneles ya que este diseño de túnel, los ventiladores vienen separados del evaporador así que las fichas técnicas son diferentes e incluso de diferentes proveedores.

Si en caso los evaporadores cuentan con resistencia eléctrica para el deshielo, extractores de humedad o algún otro componente donde intervenga una carga eléctrica adicional, este se sumaría al análisis.

Figura 25

Carga eléctrica de los ambientes climatizados.

						SUBTOTAL AMBIENTES		
SISTEMA	TUNELES	DESPACHO	CAMARA	PASILLOS	GLICOL	P.ELECTRICA	P.FRIGORIFICA	60% F.S.
PALTA	4	1	2	1	1	302.00 Kw	1,332.00 Kw	799.20 Kw
UVA	3	1	2	1	0	147.60 Kw	680.00 Kw	408.00 Kw
MANGO	4	1	2	1	1	368.70 Kw	1,610.00 Kw	966.00 Kw
						818.30 Kw	3,622.00 Kw	2,173.80 Kw

Nota. Este resumen nos muestra los diferentes ambientes de la planta y sus respectivas cargas térmicas y potencias eléctricas requeridas. Elaboración Propia.

Figura 26

Carga eléctrica del compresor y condensador.

SUBTOTAL COMPRESOR			SUBTOTAL CONDENSADOR			
CANTIDAD	ELECTRICA	FRIGORIFICA	condensacion / compresor	CANTIDAD	ELECTRICA	CONDENSACION TOTAL
0.95	248.62 Kw	799.2 Kw	1,081.70 Kw	0.57	49.23 Kw	1,030.4 Kw
0.49	126.92 Kw	408.0 Kw	1,081.70 Kw	0.29	25.13 Kw	526.0 Kw
1.15	300.51 Kw	966.0 Kw	1,081.70 Kw	0.69	59.50 Kw	1,245.4 Kw
676.05 Kw			2,173.2 Kw	133.87 Kw		2,801.8 Kw

Nota. Este resumen nos muestra la sumatoria de las cargas eléctricas por ambientes, por compresión y por condensación. Elaboración propia.

La potencia eléctrica total de la planta con respecto a la refrigeración sería de

Ambientes: 818.3Kw

Compresores: 676.05Kw

Condensadores: 133.87Kw

Obteniendo un total de 1 628.22Kw.

3.2.9. Selección de Paneles de acuerdo a la Carga Térmica y Diseño de Planta.

En una nave de refrigeración industrial es elemental que la cubierta y fachada tengan la capacidad de mantener la temperatura en los ambientes refrigerados de hasta -30°C por ende para este proyecto se seleccionaron paneles termoaislantes de Poliestireno(pol), Poliuretano(pur) y Poliisocianurato(pir), con características tales:

- Paneles de poliestireno expandido con densidad 20 Kg/m^3 .
- Peso del panel máximo 13kg/m^2 .
- Espesor: 100mm para paredes, y 150mm a más para techos internos.
- Espesor: $200/250\text{mm}$ para techos externos.
- Sistema machihembrado en superficie metálica y en el núcleo.
- Deflexión permitida de 10mm .

Estas características ayudan a mantener la estanqueidad del aire frío y de la temperatura interna de la cámara. Se presenta el cuadro de diferencia entre paneles termoaislante dentro del expediente de la memoria descriptiva, el cliente tomara la mejor opción e indicara con qué tipo de panel trabajar, teniendo en cuenta la parte técnica/económica, sin dejar de lado los requerimientos mínimos de los principios de refrigeración.

Tabla 1

Cuadro de comparación entre paneles termoaislantes.

Diferencia entre paneles termoaislantes			
	Poliestireno (POL)	Poliuretano (PUR)	Poliisocianurato (PIR)
Aplicaciones	Aislamiento de paredes, techos y pisos	Aislamiento de techos, paredes y pisos, revestimientos de edificios	Aislamiento de techos, paredes y pisos, revestimientos de edificios
Propiedades	No emite gases tóxicos	Emite gases tóxicos al quemarse	Emite gases tóxicos al quemarse
Uso	Aislamiento térmico en espacios ilimitados	Aislamiento térmico en espacios limitados	Aislamiento térmico en espacios limitados
Costo	Entre $20\$$ a $30\$ \text{ m}^2$	Entre $30\$$ a $35\$ \text{ m}^2$	Mayor a $35\$ \text{ m}^2$
Otras propiedades			Mayor resistencia al fuego
Otras propiedades			10% mas de capacidad aislante

Nota. Esta tabla nos muestra el comparativo entre los diferentes paneles termoaislantes que en coordinación del cliente se llega a requerir según su aceptación técnica/económica. Elaboración Propia.

3.2.10. Cálculo y Verificación Estructural de los Racks de Almacenamiento.

En este proyecto el cliente solicitó el cálculo y diseño de racks exclusivo para almacenaje de pallets en altura, los racks son bastidores arriostrados conformados por pilares y vigas unidos entre sí por medio de las vigas superiores y riostras superiores empernadas a los pilares, estas están fijadas a una placa base de espesores variables ancladas a la losa.

Normativas

- Norma Técnica E030 Diseño Sismo Resistente, 2018
- AISI 1996, Especificaciones para Diseño Estructurales en Frío.
- AISI 2001, North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members.

3.2.10.1. Diseño Racks Autoportante.

Cantidad de Posiciones.

Datos, de acuerdo al requerimiento del cliente, de ingreso de fruta de 250TN a 600Kg de peso mínimo por pallet nos da un resultado de 416.66 posiciones. Las 420 posiciones deberán estar diseñadas para soportar como peso máximo 1000kg por pallets de acuerdo a lo solicitado.

$$250\ 000\text{Kg} / 600\text{Kg} = 416.66 \text{ posiciones} = \text{redondeo } 420 \text{ Posiciones}$$

Sobrecargas de Uso.

- Racks drive in: 1 000kg por pallets
- Evaporadores: 300Kg cada uno, referencia del equipo más grande a utilizar.
- Paneles de techo: 30kg/m² distribuidas homogéneamente sobre los pilares.

Sobrecargas Laterales – Espectro (SX, SY)

Según la normativa peruana E030, el espectro es a:

- $S_a = Z=0.45 \quad U=1.00 \quad S=1.10 \quad C=0 \quad R=4.00 \quad G=9.81$. Datos a considerar para las direcciones horizontales.

- 2/3 del del espectro horizontal se emplean en el cálculo del espectro vertical.

Figura 27

Datos según la tabla de NTP E=030.

Espectro de Respuesta de Pseudo Aceleraciones		
(Según Norma de Diseño Sismo Resistente E=030 del 2018)		
Consideraciones para Análisis		
Z: Factor de Zona	(Zona 04)	0.45
U: Factor de Uso	(Tipo C-Edificaciones Comunes)	1.00
S: Factor de Suelo	(Suelo S3)	1.10
Tp: Periodo fundamental del Suelo		1.00
C: Factor de Ampliación Sísmica		Variable
R: Factor de Reducción		4.00

Nota. Esta figura nos muestra los datos a considerar para el cálculo estructural. Tomado de la Normativa Técnica Peruana E=030 2018.

Para el cálculo y modelado de las estructuras de los racks se ingresan los datos estudiados al SAP2000, el software describirá los perfiles a usar y su porcentaje de utilización en su estado de carga más perjudicial 1 000kg.

Dando un resultado de diseño y fabricación que consta de pilares PP100x100x2.5mm de 8 915mm de altura, anclados al piso por medio de las placas base de 200x166mm usando pernos de ½" de expansión, considerando acero ASTM A572 GR50, con una tensión de fluencia de 3.52 Kg/cm² y para las placas base acero A36, tensión de fluencia 2.530kg/cm², para ambos aceros se considera un módulo de elasticidad (e) 2 100.00 Kg/cm², el software en modo de resumen detalla los perfiles a fabricar con él porcentaje de utilización (95%) en su estado de carga más perjudicial 1 000kg.

Por consiguiente, los perfiles a fabricar resistirán sin problema lo solicitado por el cliente ya que todos los perfiles serán utilizados como máximos a 94% de su resistencia con el peso más perjudicial de 1 000kg/pallets.

Figura 28

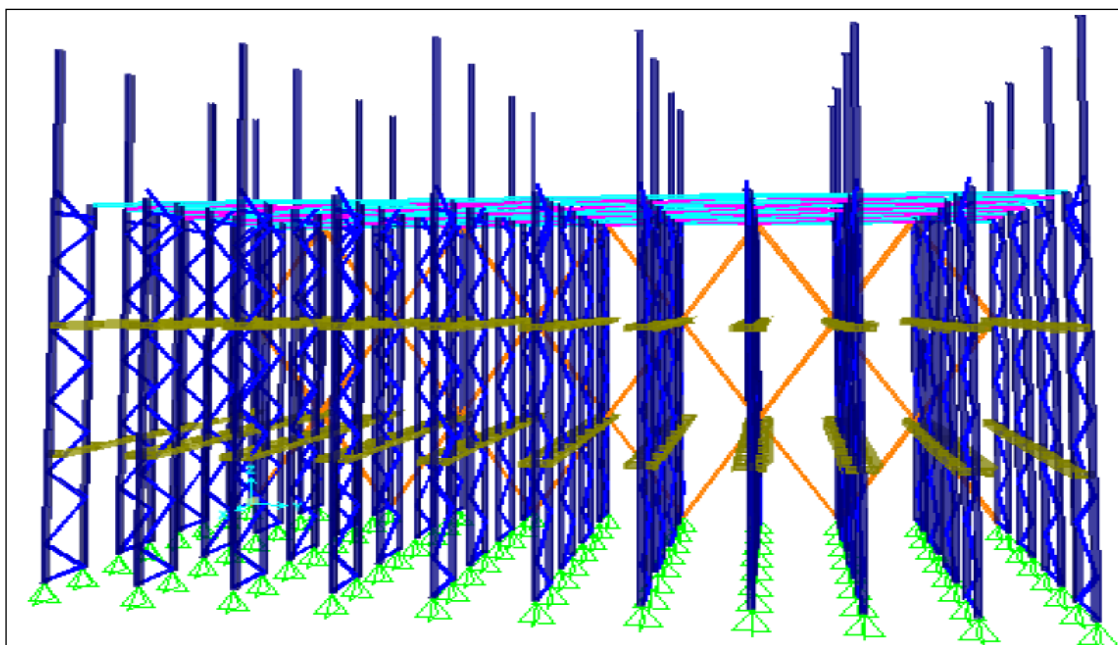
Reporte de perfiles a fabricar SAP2000.

Perfil	Ubicación	Factor de Utilizacion
PP100x100x2.5	Pilares	94%
C295x163x1.8	Conector Drive in	65%
C116x20x78x1.8	Viga Drive in	65%
C100x50x15x3	Viga Superior	48%
C45x35x13x1.8	Riostra Superior	48%
C42x42x13x3	Riostra Trasera	57%
C42x29x13x1.5	Riostra Marcos	70%
C125x50x12x2	Costanera Lateral y Techumbre	69%
OM110x125x3	Omega Techo	64%
VT150x50x2	Viga Principal Evaporador	28%
IC150x100x2	Viga Sostenedora Evaporador	64%
VT150x50x2	Viga Pasillo	45%
VT120x50x2	Viga Unión Paneles	45%
PL166x200x14	Placa Base, con 4 pernos de expansion de 1/2"x4 1/2" (Empotrado)	OK

Nota. Esta figura muestra los resultados a fabricar los códigos de los perfiles y su porcentaje de utilización. Elaboración propia.

Figura 29

Modelado del diseño de racks.



Nota. Esta figura muestra el modelado 3D de los diferentes perfiles a fabricar y sus posiciones en el armado el cual se mostrará en los planos de detalle de montaje e instalación de Rack's. Elaboración propia.

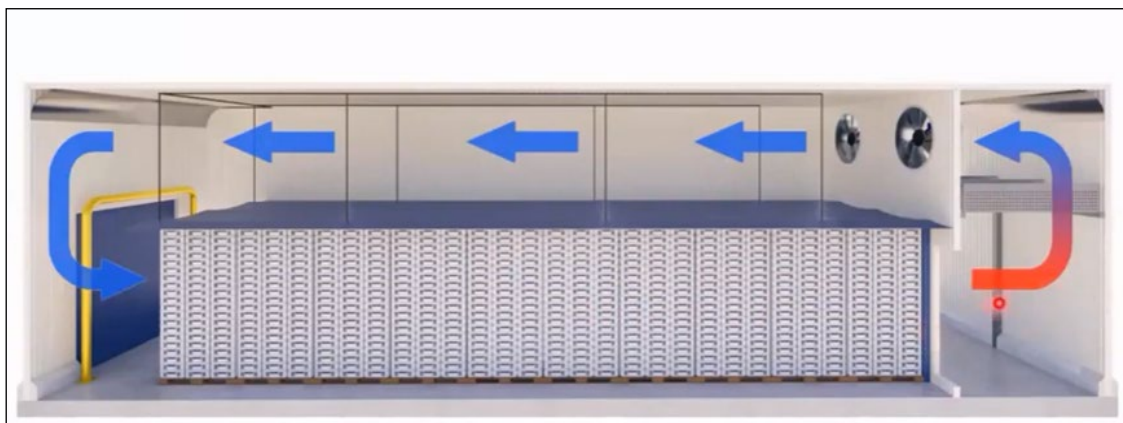
3.2.11. Ingeniería y Diseño de Túneles.

Teniendo en cuenta el triángulo de enfriamiento. (1) Es fundamental saber el tipo de envase y embalaje del producto, (2) el tipo de diseño de frío que alimenta de refrigerante a la planta y (3) la forma de enfriar teniendo en cuenta en que etapa del proceso se va a dar la extracción del calor. Sabiendo que hay productos muy sensibles a la deshidratación como el arándano y la uva desde que son cosechados, estos productos se tienen que enfriar lo más rápido posible pasando primero por una climatización al frío para darles una temperatura óptima para su procesamiento y de esta forma garantizar que la fruta baje su tasa respiratoria y reduzca su velocidad de deterioro para su posterior conservación en la cámara de PT y salida a la cadena logística hasta su punto de llegada.

Por la cantidad de pallets y el tipo de embalaje que dio como requisitos el cliente, la mejor opción para este tipo de proceso que se dará en los túneles de enfriamiento donde se llevará la extracción de calor de la fruta hasta su temperatura objetiva de 0°C, por un lapso máximo de 7 horas promedio, es el túnel californiano debido a su gran capacidad de apilamiento, potencia de ventilación, extracción y posición individual de los ventiladores con relación al evaporador que lo hace más versátil y le ayuda a aumentar la capacidad de extracción frigorífica ya que el aire busca la menor resistencia para atravesar el producto.

Figura 30

Diseño de túnel californiano.



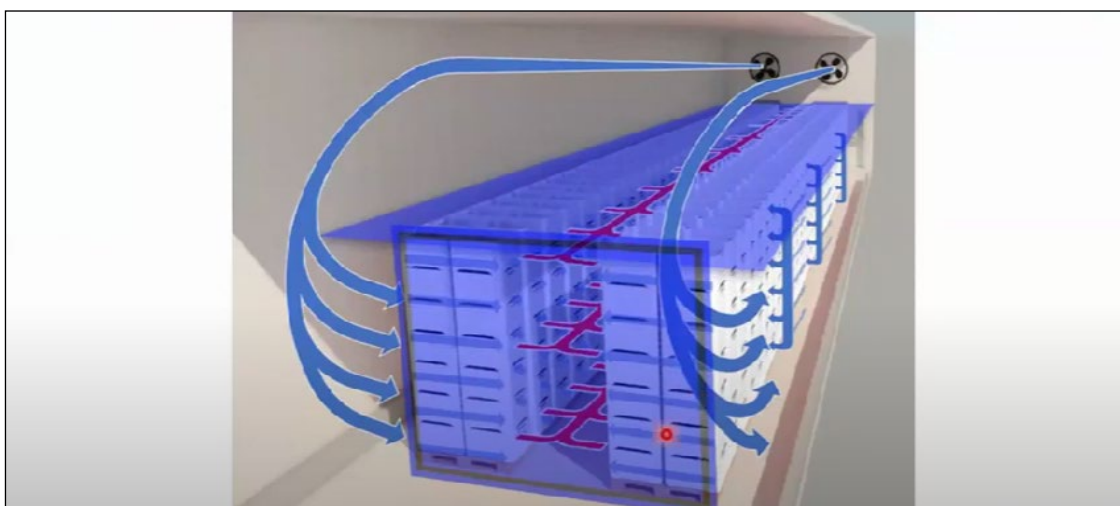
Nota. Se muestra el diseño del túnel en modelado 3D la flecha azul indica la dirección del aire enfriado y la flecha roja del calor extraído. Elaboración propia.

Vemos los ventiladores los cuales dan el caudal y generan la recirculación del aire, estos tienen que diseñarse con la presión adecuada para vencer la resistencia de los pallets, embalaje y envases, de esta manera poder trasladar el calor de la fruta a la parte posterior pasando por el evaporador ubicado tras la falsa pared donde hay una diferencia entre alta presión y baja presión.

El túnel californiano trabaja mediante un sistema de juego de lonas para no tener que mover ningún pallet de su posición.

Figura 31

Primera posición tapa central.



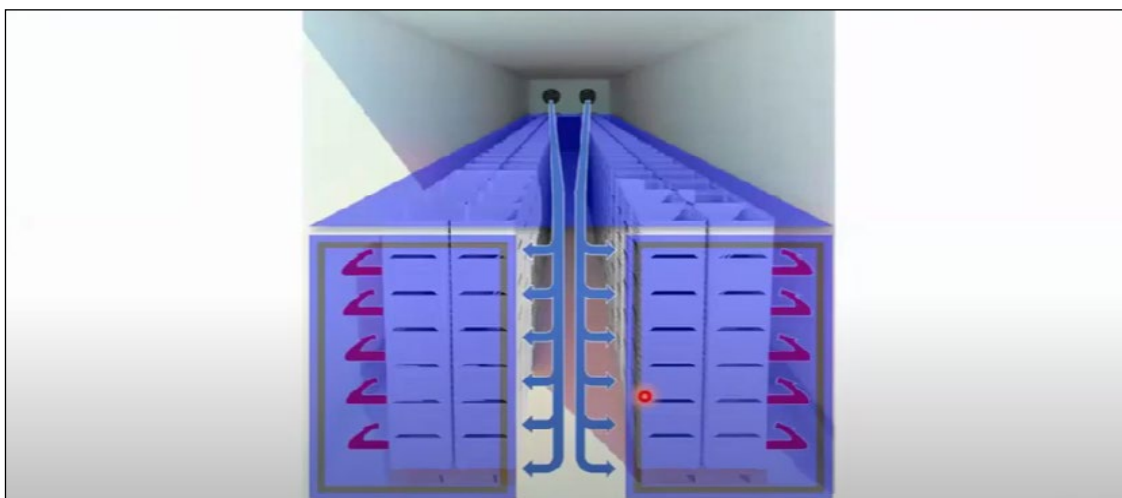
Nota. Esta figura muestra la forma y el posicionamiento de las tapas para la dirección del flujo del aire. Elaboración Propia.

Como observamos la figura (31) el túnel ya se encuentra carpeado con la tapa central donde ingresa el aire por el lado lateral y por el lado central retorna el aire caliente extrayendo el calor de la fruta.

Cuando el lado lateral está a la temperatura objetiva, se invierte el sistema de lona y se canaliza el flujo de aire para homogenizar la cara interna, ver figura 32.

Figura 32

Segunda posición de tapas frontales.

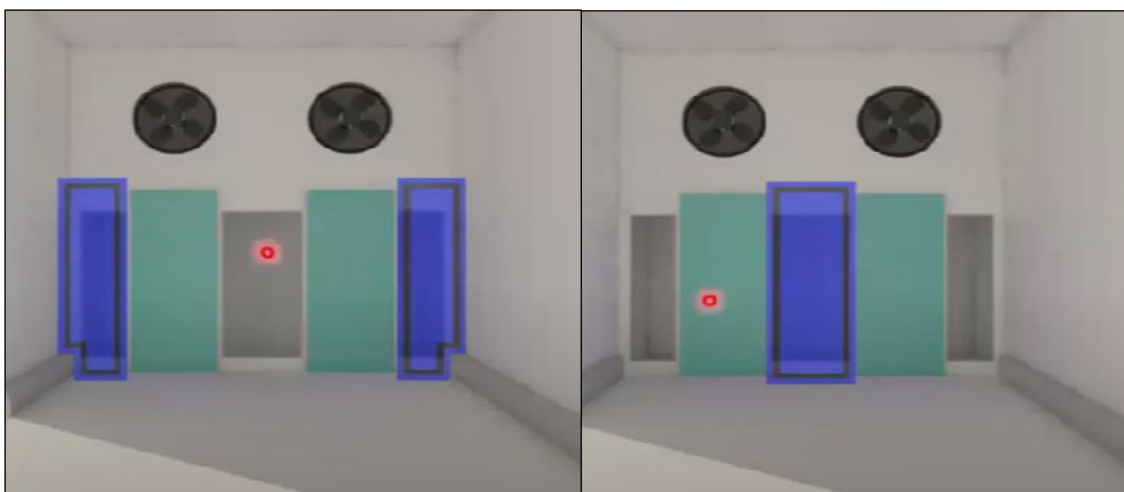


Nota. Esta figura muestra la forma y el posicionamiento de las tapas para la dirección del flujo del aire y homogenizar la temperatura de la cara externa. Elaboración Propia.

El proceso inicia con la tapa central abierta para que el calor extraído ingrese hacia el evaporador, cuando la temperatura de la fruta del lado lateral llega a su objetivo, se invierte la boca de succión abriendo los laterales y cerrando la succión central.

Figura 33

Posiciones de tapas posteriores.



Nota. La figura muestra las posiciones de las tapas posteriores por donde ingresara el aire extraído hacia el serpentín de acuerdo a la primera o segunda posición de las tapas delanteras. Elaboración propia.

3.2.12. Memoria Descriptiva.

Presentamos la memoria descriptiva la cual describe y justifica el diseño del packing y la cotización económica para obtener la buena pro del proyecto.

En dicha memoria descriptiva indicamos el resumen de visto en el diseño y recolección de datos.

- Descripción general del proyecto.
- Ambientes a diseñar.
- Diseño de túnel.
- Detalles de los suministros de paneles termoaislantes.
- Detalles de los suministros de refrigeración (importación).
- Detalles de los suministros estructurales.
- Tiempos y temperaturas objetivas.
- Detalle de los suministros locales.
- Detalles del montaje e instalación.
- Pruebas y puesta en marcha.
- Tiempo de ejecución y entrega del proyecto.
- Requerimientos para el montaje y ejecución.

Figura 34

Portada de la memoria descriptiva enviada.



Nota. Esta portada nos muestra la evidencia del informe de la memoria técnica enviada al cliente Medlog. Elaboración propia.

3.2.13. Propuesta Económica.

Se envía la propuesta económica detallada por partidas individuales y un resumen general de cada especialidad dentro de la refrigeración, debidamente calculados de acuerdo a los metrados en base al layout del plano general de planta, y respetando los términos de referencia del cliente.

Figura 35

Resumen de propuesta económica.

CUADRO DE PRECIOS NRO 2720					
Cliente : MEDLOG PIURA Proyecto : Planta de Proceso de Uva, Palta y Mango - 1era y 2da Etapa Amoniaco y Glicol Ubicación : Piura. Fecha : jueves, 9 de Julio de 2020					
Item	Descripción	Unidad	Cant.	Inversión Total US\$	
1.0	EQUIPOS Y VÁLVULAS	Sist.	1.00	834,818.06	
2.0	INSTALACIÓN MECÁNICA	Sist.	1.00	229,345.23	
3.0	AISLAMIENTO (ACERO)	Sist.	1.00	77,169.53	
4.0	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	Sist.	1.00	118,432.13	
5.0	SISTEMA DE ILUMINACIÓN	Sist.	1.00	56,767.80	
6.0	PANELES Y PUERTAS	Sist.	1.00	669,757.31	
7.0	SISTEMA DE LONA TÚNELES	Sist.	1.00	47,137.50	
8.0	VACUÓMETROS	Sist.	1.00	3,342.86	
9.0	TABLEROS ELÉCTRICOS	Sist.	1.00	197,374.54	
10.0	TERMOMETRÍA MAMUT (SÓLO TÚNELES)	Sist.	1.00	28,155.72	
11.0	PUESTA EN MARCHA	Sist.	1.00	18,000.00	
12.0	RACKS Y SOPORTERÍA	Sist.	1.00	396,455.80	
13.0	GASTOS GENERALES	Sist.	1.00	66,350.00	
14.0	OTROS	Sist.	1.00	306,316.54	
				Inversión Total 1RA ETAPA, en US\$	3,049,423
				Inversión Total 2DA ETAPA CON NH3/GLICOL, en US\$	730,480
				Inversión Total 1RA Y 2DA ETAPA, en US\$	3,779,903
				DESCUENTO ESPECIAL 3.20%, en US\$	121,122
				Inversión Total 1RA Y 2DA ETAPA HN3/GLICOL (HDPE) 2020, en US\$	3,658,781.03 +IGV

Nota. Este cuadro resumen nos muestra los costos por suministro e instalación del total de la planta en cuanto a la partida de refrigeración, metalmecánica eléctrica. Elaboración propia.

3.3. ETAPA 3. DESARROLLO DE LA INGENIERÍA A DETALLE

3.3.1. Cálculo de Tuberías y Válvulas.

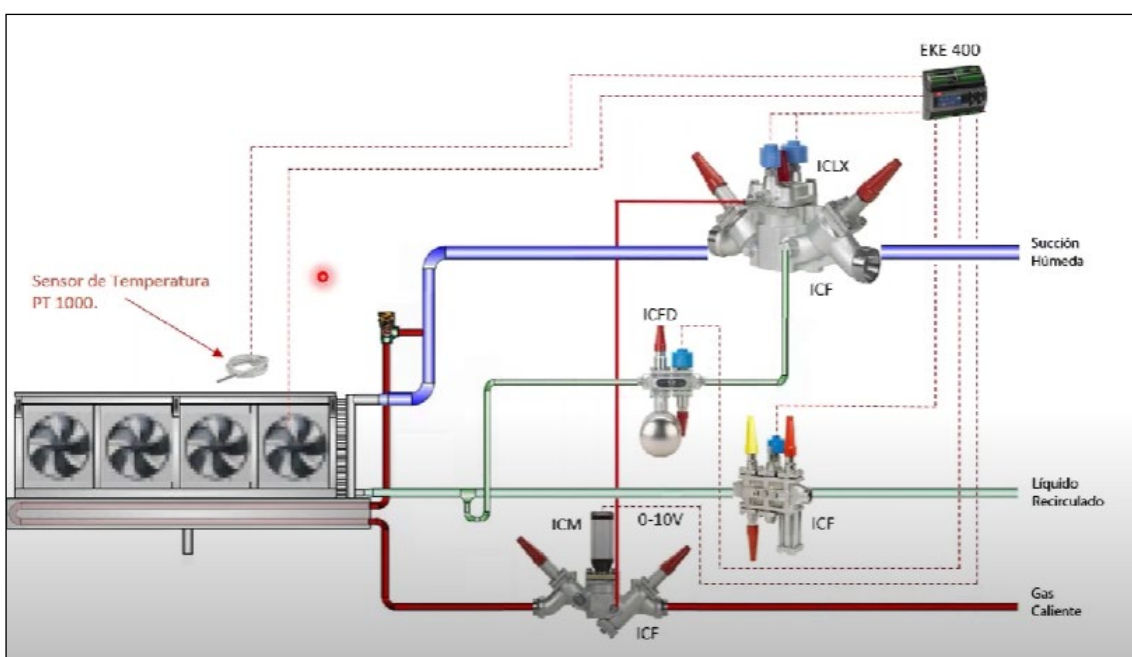
El siguiente calculo se entorna a los diámetros de tubería los cuales tienen que tener en consideración la cedula de espesor del acero, diámetros de ingreso, salida de las válvulas y la capacidad de retención de líquido y gas. Las válvulas tienen que tener en cuenta los componentes de seguridad, de presión y control, usamos el software CoolSelector, el cual tiene el mayor % de válvulas compatibles y stock en el mercado de refrigeración industrial.

Debemos tener en cuenta.

- Fase de transporte del refrigerante, líquido, gas o mezcla de ambos.
- Carga térmica del sistema.
- Distancias y alturas.
- Caídas de presión.
- Costos.
- Compatibilidad con equipos y válvulas.

Figura 36

Ejemplo de tubería y paquete de válvulas.



Nota. Esta figura muestra las válvulas y diámetros de tubería seleccionada y calculada.

Elaboración Propia, Adaptado en el software Coolselector 2.

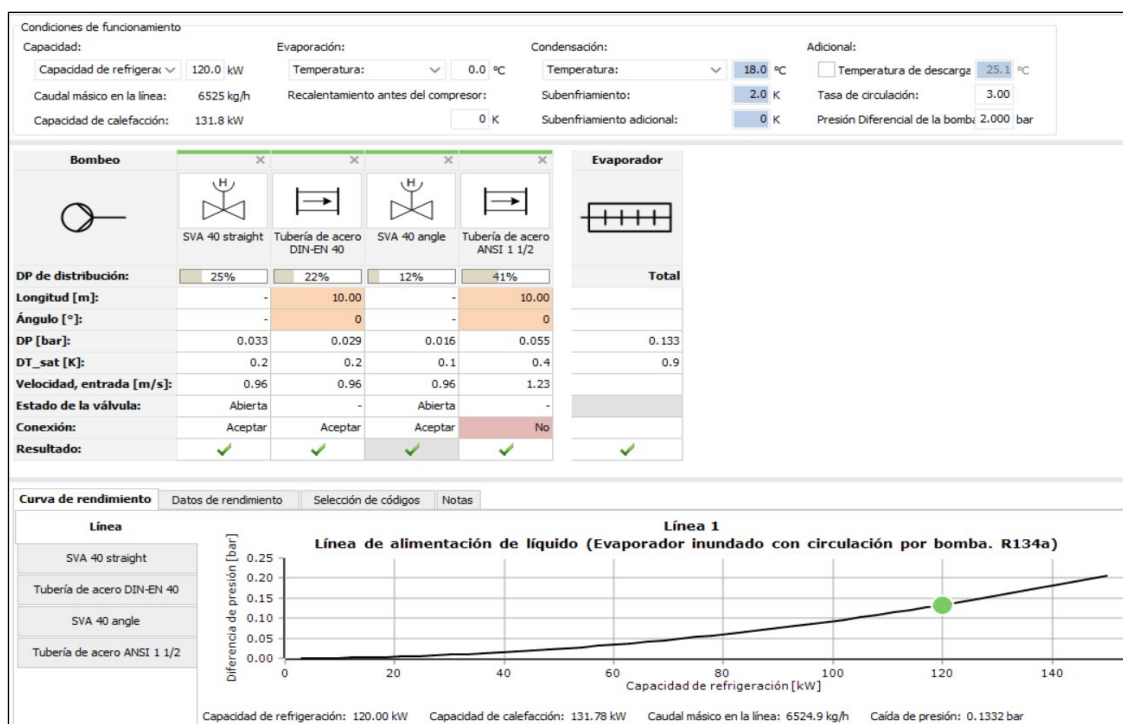
Como vemos en la figura (36) las tuberías dimensionadas conectan desde el evaporador hasta el último proceso del ciclo el cual es el tanque receptor de líquido, en el transcurso del recorrido tendremos disminuciones de diámetro, trampas, contra trampas, válvulas de seccionamiento, válvulas de cierre, válvulas de filtros y de control los cuales deben ser calculadas para evitar sobre esfuerzos del compresor y de las bombas de amoníaco.

Recordemos que en este sistema será diseñado a través de inundación por bombeo, debido a la magnitud y distancias de los ambientes a la ubicación de la sala de máquina, además de ellos tendremos placas intercambiadoras de calor entre el amoniaco y el glicol, este refrigerante será destinado para los enfriadores/evaporativos de la sala de procesos reduciendo el riesgo de incidente por amoniaco en una sala en donde se concentra el mayor número de personal en las líneas de empaque y selección.

Usaremos el software CoolSelector para ingresar los datos y nos emita el reporte del dimensionamiento adecuado de la tubería y las válvulas a seleccionar, teniendo en cuenta los criterio y principios básicos del piping of refrigeration, el cual nos indica que la caída de presión óptima en una tubería debe ser menor al 0.5bar. es decir que cuando el líquido es bombeado por todo el sistema la disminución de su presión debe ser menor a lo indicado.

Figura 37

Referencia de ingreso de los datos.



Nota. La figura nos muestra el reporte óptimo de la tubería calculada y seleccionada también nos indica el tipo de acero y diámetro, en este caso DIM-40 tubería de acero ANSI 1 1/2”.

3.3.2. Listado de Válvulas

Seleccionados los componentes de acuerdo a la carga térmica del sistema de refrigeración tenemos el listado de componentes los cuales requieren válvulas para su funcionamiento y adecuada interconexión entre equipo, tubería, tanques y válvulas.

Tal cual indicamos en la memoria descriptiva, la parte mecánica eléctrica del proyecto constara de:

- 03 Compresores tornillo FRICK RWF II 134.
- 02 Condensador WRXD 1800kw.
- 01 Intercambiador de placas para refrigerante glicol.
- 01 Tanque recibidor de amoniaco.
- 01 Tanque de bombeo de amoniaco.
- 01 Tanque termosifón para el sistema de enfriamiento del compresor.
- 05 Tableros eléctricos con variadores de arranque.
- 01 Tablero HMI con el sistema de control y automatización.
- 03 Bombas de amoniaco y 03 bombas para glicol
- 01 Tanque de aceite del bombeo.
- Paquetes de válvulas para línea de succión y línea de liquido
- Paquetes de válvulas de expansión electrónica.
- Bomba para recirculación del agua de los condensadores
- Válvulas de seguridad para evacuación de fuga de amoniaco.

Tomamos como ejemplo el reporte de listado de válvulas para los túneles a detallar:

Túnel de 20 pallets detalle y listado de válvulas por paquete y línea de tubería.

Línea de Liquido

- ICF 25-4-18 DIN DN32 Código:(027L4164).
- Bobinas 10W 220 Vac/60 Hz Código:(018F6714).
- REG - SB 25 A ANG Código:(148B5403).
- Válvula conexión para manómetro SNV-ST G1/2 Código:(148B3778).

Línea de Succión

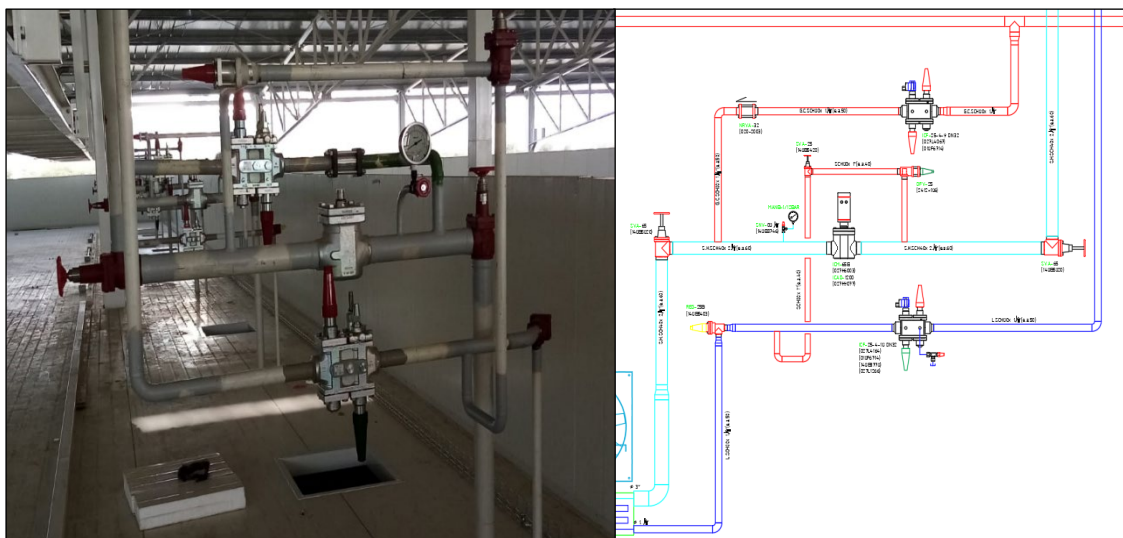
- SVA-S 65 A VALV. PASO ANG c/manivela 2 1/2" Código:(148B5820).
- Válvula ICM 65-B conexión 2 1/2" ANSI, sin actuador Código:(027H6003).
- Actuador ICAD 1200A con encoder y cable 1,5 m Código:(027H9077).
- Válvula de aguja SNV 8 1/4" NPT-1/4" Código:(148B3746).

Línea de Gas Caliente

- ICF 25-4-9 DIN DN32 Código:(027L4067)
- Bobinas 10W 220 Vac/60 Hz Código:(018F6714)
- NRVA 32 Válvulas de retención 1 1/4. Código:(020-2003)
- SVA-S 25 A Válvula de paso con manivela 1" Código:(148B5420)
- OFV 25 A 133 Válvula de flujo 1" Código:(2412+186)

Figura 38

Comparación entre la instalación real y el esquema técnico modelado.



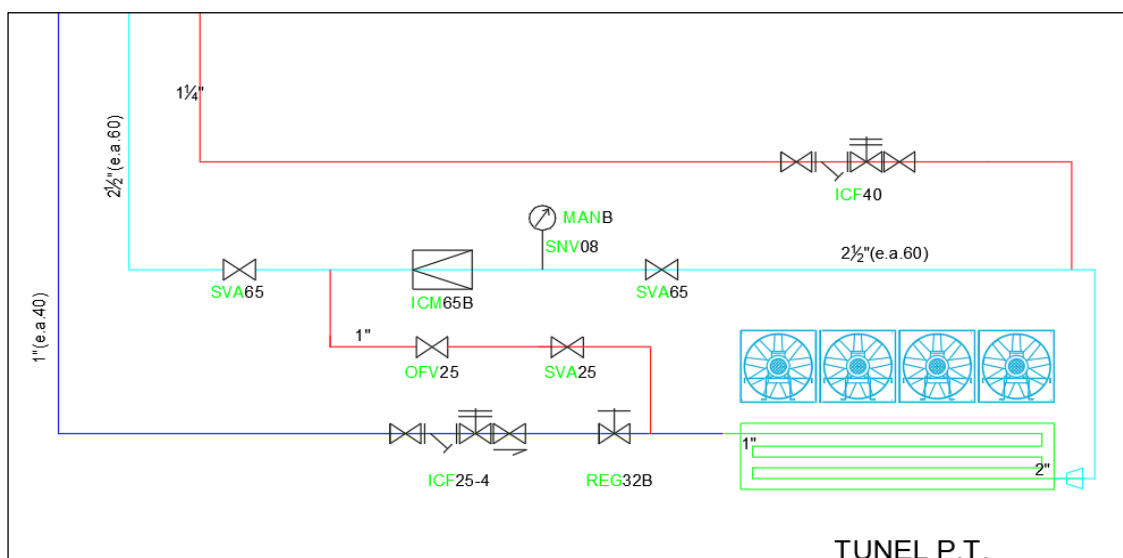
Nota. La figura nos muestra una comparación del esquema técnico modelado del paquete de válvulas y/o listado, con respecto a la instalación real en donde vemos la similitud de la simetría que se proyecta en los modelados para tener una correcta instalación de los componentes.

3.3.3. Esquema Técnico.

El esquema Técnico es parte fundamental del proyecto, es el detalle de instalación de tuberías, válvulas, compresores, evaporadores, condensadores, tanques y otros elementos que forman el ciclo de refrigeración, en el esquema esta la lectura e interpretación de cada elemento el cual debe ser instalado conforme indica el plano previa revisión e interpretación, para el correcto funcionamiento de cada componente. Explicaremos el funcionamiento del ciclo de refrigeración mediante el esquema técnico desde el corazón de la planta (sala de máquinas), hasta el punto final del bombeo donde se produce el intercambio de calor, (evaporador en ambiente de túneles).

Figura 39

Esquema técnico de paquetes de válvulas en los evaporadores.

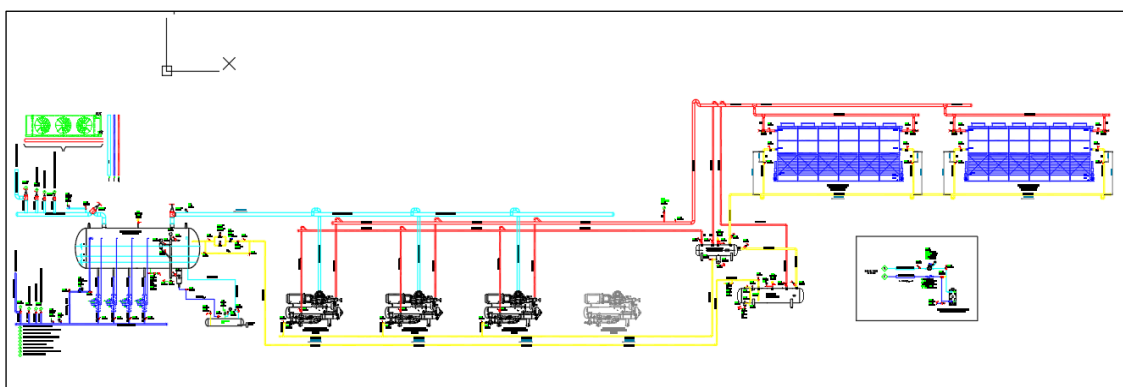


Nota. Este extracto del esquema técnico de válvulas nos muestra los detalles a leer e interpretar para la correcta instalación técnica de los diferentes componentes y válvulas las cuales realizarán la estrangulación y modulación del refrigerante antes y después de pasar por el evaporador.

En el esquema técnico de este proyecto (figura 40), vemos como el compresor inicia la succión del líquido evaporado a gas el cual retorna por la línea de succión húmeda, llamada así porque contiene un porcentaje de mezcla líquida y gas, este pasa primero por el tanque separador de líquido llamado también tanque de bombeo donde el líquido queda

Figura 40

Esquema técnico sala de máquinas.



Nota. Esta figura nos muestra el esquema técnico de la SADEMA, en el cual se produce el ciclo de refrigeración de la planta. Elaboración propia.

sumergido en la parte inferior del tanque mientras que el gas sigue por la línea de succión la cual tiene una pendiente del 2% en dirección de retorno al tanque separador para evitar ingreso de refrigerante líquido al compresor, una vez que el gas llegue al compresor este es comprimido a alta presión elevando su temperatura a un estado de gas sobrecalentado, este es enviado por la línea de descarga la cual continua hacia el condensador vemos en la línea previo al ingreso al condensador una válvula de paso la cual deriva el gas caliente hacia la línea de deshielo de los evaporadores, siguiendo el recorrido el gas sobrecalentado ingresa al condensador, el cual trabaja en dos modos de funcionamiento seco y húmedo, el primero si la temperatura de ambiente es baja el refrigerante en estado gaseoso cede el calor que es aspirado y expulsado por los ventiladores al ambiente exterior, si la temperatura del ambiente es alta, el condensador trabaja en modo húmedo, en donde las bombas recirculan el agua que pasa mediante las toberas donde hay un separador de gotas que reduce considerablemente el agua que pueda ser arrastrada por el aire y enviada al ambiente, la masa de aire que se mezcla con el agua pulverizada produce la vaporización del agua enfriándola al absorber calor del resto del agua, esta agua fría caerá sobre la superficie caliente del serpentín absorbiendo el calor y realizando la condensación del refrigerante saliendo en estado líquido sub enfriado, fluyendo por la línea de líquido en dirección al tanque receptor también llamado tanque de almacenamiento, previamente antes de llegar al tanque recibido el líquido sub enfriado cae en el termosifón el cual deriva refrigerante para el enfriamiento del aceite del

compresor, el calor del aceite retorna hacia la línea de ecualización de la descarga del condensador el cual es instalado en forma diagonal con ingreso direccionado para evitar turbulencia de gases y restringir el paso del gas sobrecalentado, retomando al tanque receptor, debido a la alta presión del compresor el líquido después de pasar por el condensador y el termosifón fluye hacia el tanque de bombeo, pasando por la válvula de expansión el cual estrangula el líquido disminuyendo su presión y temperatura, este líquido enfriado es llevado a los evaporadores por medio del bombeo que producen las bombas de amoníaco este refrigerante inundado al llegar con cierta presión nuevamente es estrangulado antes del ingreso al evaporador una vez reducida su presión y temperatura este refrigerante mientras pasa por el serpentín va absorbiendo el calor del ambiente y la fruta evaporándose de líquido a gas el cual retorna por la línea de succión al compresor repitiéndose nuevamente el ciclo de refrigeración industrial.

3.3.4. Planos y Modelados.

Teniendo el Esquema técnico, el cálculo de cargas térmicas, y el esquema general de la planta, se procede a realizar los planos de arquitectura, ingeniería, montaje e instalaciones.

Planos de paneles y puertas.

Aquí tendremos las ubicaciones y diferentes medidas de cada panel de techo y pared los cuales serán el cascarón de la planta, también los cortes de frío que deben tener cada unión que se expone al exterior para evitar condensación de temperatura interna, también tendremos las ubicaciones de puertas para tener en cuenta al momento del montaje no cerrar los vanos de las puertas.

Planos de detalle de túneles.

Tendremos los detalles para los cortes de ventanas, cortes para la instalación de los ventiladores y la batería evaporativa, también los detalles de instalación de lonas para el carpeado del producto.

Planos Mecánicos.

Tendremos las ubicaciones, posiciones y distancias para el montaje e instalación de los evaporadores.

Planos del Esquema Técnico.

Tenemos los detalles de válvulas y todo elemento que contempla el paquete por línea, válvulas en los diferentes ambientes y en los diferentes equipos que se ubican dentro de la sala de máquina.

Planos de Soporte y Recorrido de Tuberías.

Tendremos el recorrido de la tubería (referencial), ya que en campo nos encontraremos con obstáculos de otras estructuras que no forman parte del conjunto de la planta orientado a la refrigeración, por ejemplo, nos podemos cruzar con la línea de tubería contra incendio.

Planos de base de quipos.

Cada equipo dentro de la sala de maquina tiene que tener una base por ciertos requerimientos, esta base es de concreto, por ejemplo, el compresor tiene que tener una base altamente resistente al peso, a la vibración y tiene que ser independiente entre compresores para evitar la transferencia de vibraciones entre ellos y cuidar los componentes internos

Planos Eléctricos y Recorrido de Cables.

Tendremos los recorridos de canaletas, tuberías y cables que alimentan a cada equipo, sensores y válvulas, además de la distribución de los tableros tanto de equipos como los variadores de arranque de los compresores, tenemos tableros 440v para fuerza y tableros 220v para control y señales.

Plano de Drenaje de Equipos.

Cada evaporador después de pasar su proceso por deshielo, acumula agua en su bandeja, esta tiene que drenar a un punto hecho durante el proceso de construcción de la losa.

Planos de Racks.

Tendremos el plano de ubicación de elementos, detalle de componentes a ensamblar y montar.

Planos Modelados del Esquema Técnico.

El esquema técnico lo usamos en todo el desarrollo de la ejecución del proyecto con conocimientos de interpretación de simbología mecánica, eléctrica y de refrigeración, pero para el cliente tenemos que entregarle un esquema más amigable para la interpretación y mantenimiento de las válvulas y equipos. **(Ver Anexos)**.

3.3.5. Selección y Cálculo de Amoniaco.

Con las dimensiones anteriores y la cantidad de cámaras, el refrigerante ideal para enfriar los ambientes a temperatura 0°C es el amoniaco NH₃ debido a su alta vaporización y extracción de calor, pero por su alta peligrosidad se tomó la decisión junto al cliente en realizar un sistema de enfriamiento en cascada, el cual quiere decir que el segundo refrigerante que estará dentro de la nave en las zonas con mayor frecuencia de personal será el glicol, llevando a los ambientes como las salas de proceso a temperaturas de 18°C a 15°C.

Para este proyecto se usaron 7 580Kg de Amoniaco, distribuidos en los Tanques de bombeo, tanque receptor de líquido y teniendo en cuenta las capacidades de los equipos (compresor, condensador, evaporador, diámetros de tubería de LQ y SH) de acuerdo a las fichas técnicas y las densidades del amoniaco en su estado saturado donde contiene una mayor densidad de líquido y gas.

Formulemos $Kg = Vm^3 \times Densidad \times \% \text{ de Capacidad}$

Por ejemplo, para la línea de succión tenemos un volumen de 7.900m³ con una densidad de acuerdo a los parámetros establecidos de 653.60Kg/m³ y un porcentaje de utilización del 15% ya que es la línea donde más rápido se mueve el refrigerante.

Figura 41

Densidad del amoniaco según el iiar de refrigeración.

PARAMETROS CONSIDERADOS :	
Líquido Saturado @ -10 °C :	653.60 Kg./m ³
Líquido Saturado @ +35 °C :	588.70 Kg./m ³
Gas Saturado @ -10 °C :	6.17 Kg./m ³
Gas Saturado @ +35 °C :	1.80 Kg./m ³

Nota. Esta figura nos muestra los parámetros (densidades) a considerar para el cálculo del refrigerante. Adaptado del Ammonia Refrigeration Piping Handbook – iiar (2019).

$$Kg = 7.900m^3 \times 653.60kg \times 0.15$$

$$Kg = 774.15Kg$$

Figura 42

Resumen de los cálculos de kg requeridos de amoniaco.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	LLENADO	TEMPERATURA	DENSIDAD	KILOS
1.00	LINEA DE SUCCION DEL SISTEMA	1	7.900 m ³	15.00%	-10°C	653.60	774.52 Kg
				85.00%	-10°C	6.17	41.43 Kg
2.00	LINEA DE LIQUIDO DEL SISTEMA	1	0.970 m ³	100.00%	-10°C	653.60	633.99 Kg
3.00	LINEA DE GAS CALIENTE DEL SISTEMA	1	3.390 m ³	100.00%	+35°C	1.80	6.10 Kg
4.00	LINEA DE LIQUIDO +35°C DEL SISTEMA	1	1.060 m ³	100.00%	+35°C	588.70	624.02 Kg
5.00	CONDENSADOR EVAPORATIVO WXR-3000B	2	415.00 Kg		+35°C	1.80	830.00 Kg
6.00	COMPRESOR DE TORNILLO RWFII-134	3	40.00 Kg		-10°C	6.17	120.00 Kg
7.00	TANQUE TERMOSIFON HTR 24" - 1.8	1	0.580 m ³	60.00%	+35°C	588.70	204.87 Kg
8.00	RECIBIDOR DE LIQUIDO FRIORAF FRH 7200-6.0	1	7.200 m ³	25.00%	+35°C	588.70	1059.66 Kg
9.00	TANQUE DE BOMBEO MHS 60-3.0	1	6.200 m ³	25.00%	-10°C	653.60	1013.08 Kg
10.00	TANQUE DE OIL POT	1	0.030 m ³	20.00%	-10°C	653.60	3.94 Kg
11.00	BOMBAS DE AMONIACO	4	20.00 Kg		-10°C	653.60	80.00 Kg
12.00	EVAPORADOR DE PLACAS	1	0.044 m ³	100.00%	-10°C	653.60	28.76 Kg
13.00	EVAPORADOR DE TUNELES N-06-040-070-04000-A-V-G	11	0.185 m ³	100.00%	-10°C	653.60	1327.92 Kg
14.00	EVAPORADOR DE CAMARAS TAN.2-050-13-C-N-D6-07-HG (32.7KW)	20	0.033 m ³	100.00%	-10°C	653.60	425.23 Kg
15.00	EVAPORADOR DE DESPACHO TAN.2-050-13-C-N-D6-07-HG (32.7KW)	7	0.033 m ³	100.00%	-10°C	653.60	148.83 Kg
16.00	EVAPORADOR DE PASILLO TAN.2-050-12-C-N-D6-07-HG (23.3KW)	4	0.022 m ³	100.00%	-10°C	653.60	57.41 Kg
TOTAL							7379.77 Kg

Nota. Este cuadro de resumen muestra la cantidad de kilos de amoniaco gaseoso que el cliente tiene que suministrar por líneas, equipos y reposiciones. Elaboración propia.

3.3.5.1. Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de refrigerantes.

Tabla 2

Ventajas y Desventajas de los refrigerantes más usados.

Refrigerantes	Ventajas	Desventajas
Amoniaco	1. Es biodegradable	1. Altamente Toxico - Mortal
	2. No reduce la capa de ozono	2. No es compatible con el cobre o lata.
	3. Alta capacidad frigorífica	3. Requiere grandes compresores
	4. Bajo costo de adquisición	4. Requiere mayor seguridad, controles y alarmas
	5. Alto stock al nivel mundial	5. Mayor requerimiento de seguridad
	6. Baja densidad	
	7. Fuerte olor alarmante	
CO2	1. No inflamable	1. Opera a presiones y temperaturas mayores
	2. Bajo costo de adquisición	2. El sistema en SADEMA es costoso
	3. Ofrece bajo consumo de energía	3. Es inodoro
	4. Alto coeficiente de transferencia de calor	4. Toxico a altas concentraciones
	5. Ofrece bajo costo de energía	5. Requiere mayor número de válvulas de seguridad
Glicol	1. No corrosivo	1. Depende de otro refrigerante para disminuir su temperatura
	2. Bajo costo de adquisición	2. Es más costoso
	3. Punto de congelación más bajo que el agua.	3. Mayor viscosidad requiere de bombas más grandes.
	4. Es toxico solo si se ingiere.	
Sintéticos (freón)	1. No son inflamables	1. Su desarrollo es altamente dañino a la capa de ozono
	2. Alto rendimiento termodinámico	2. Está prohibido su uso en muchos mercados internacionales
		3. Demora en el tiempo de Adquisición

Nota. Esta tabla muestra la ventaja y desventajas de cada refrigerante, el cual nos ayudara a tomar la mejor opción para el diseño de la planta y los componentes. Elaboración propia.

3.3.5.1. Diferencia y cualidades de los refrigerantes en los proyectos.

Tabla 3

Diferencia y cualidades de los refrigerantes en los proyectos.

Diferencias y Cualidades en los Proyectos con Distintos Refrigerantes.				
Detalles	Freón	Glicol	NH3	CO2
Magnitud de proyecto	Pequeño / Mediano	Dependiente - Industrial	Grande Industrial	Grande Industrial
Equipamiento	Compacto (UC's)	Individual	Individual	Compacto / Individual
Compuesto	Orgánico	Orgánico	Inorgánico	Inorgánico
	R-22 al 500	NT	R-717	R-744
Restricción	Cambio al 2040 (R507) según Resolución Directoral N.º 1009-2024-produce-dgaami	NO	NO	NO
SADEMA	Independiente	Centralización	Centralización	Centralización
Tuberías y Accesorios	Cobre	PCV - HDPE	Acero	Inoxidable
Entalpia	46.66 Kcal/kg		313.89 Kcal/kg	104.2 Kcal/kg
Presión Evaporación	(-7°C = 4.9bar)		(-8°C = 3.3bar)	(-7°C = 11.6bar)
Presión en baja - liquido	(-0°C = 6.24bar)		(-0°C = 4.3bar)	(-0°C = 31.2bar)
Presión en alta - Condensación	(30°C = 14.5bar)		(30°C = 11.7bar)	(25°C = 56.5bar)
Cualidades de los Refrigerantes.				
Seguro	SI	SI	NO	SI
Amigable al medio ambiente	NO	SI	SI	SI
Fácil empleo	SI	NO	SI	NO
Excelentes propiedades físicas.	NO	NO	SI	SI

Nota. Esta tabla nos muestra la diferencia y cualidades de los refrigerantes que se aplican en los distintos proyectos. Elaboración Propia.

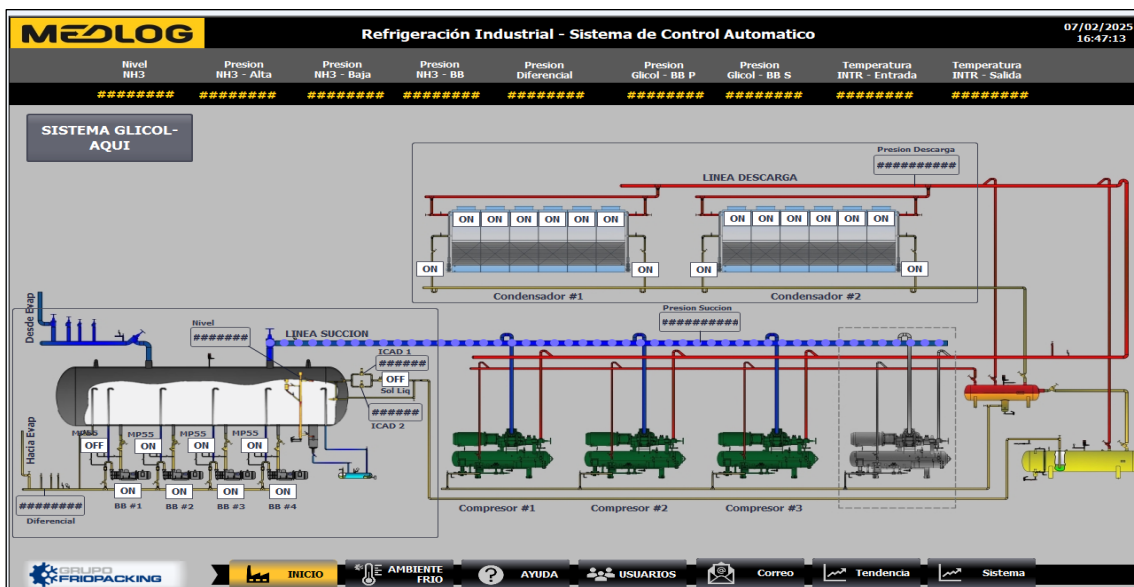
3.3.6. Diseño y programación para la automatización.

En los tableros de Arranque, se instala un tablero HMI, que es el control y automatización del sistema de refrigeración, con el que se puede setear las temperaturas, los inicios de arranque, los niveles de amoniaco, los enfriamientos de motores, los enfriamientos de serpentín, las capacidades de las bombas y controles dentro de sala de máquina.

La automatización de la planta es diseñada de acuerdo a los parámetros más relevantes para el seguimiento correcto del sistema de refrigeración instalado, este es programada en un software por la misma empresa ejecutora.

Figura 43

Pantalla HMI de la planta de refrigeración.



Nota. Esta figura nos muestra el diseño de la pantalla HMI, el cual se basa en el modelo del esquema técnico de SADEMA. Elaboración propia.

Como apreciamos en la imagen (43) en una sola pantalla podemos tener visión en tiempo real de los componentes electromecánicos y analógicos, convertidos a información digital, podemos ver las diferentes presiones tanto en las líneas donde fluye el refrigerante como en los componentes principales como el compresor y el condensador que trabajan a presiones distintas, también podemos ver el nivel de líquido en los tanques y ante alguna parada de planta y/o mantenimiento saber hacia dónde y por donde retornar el líquido al

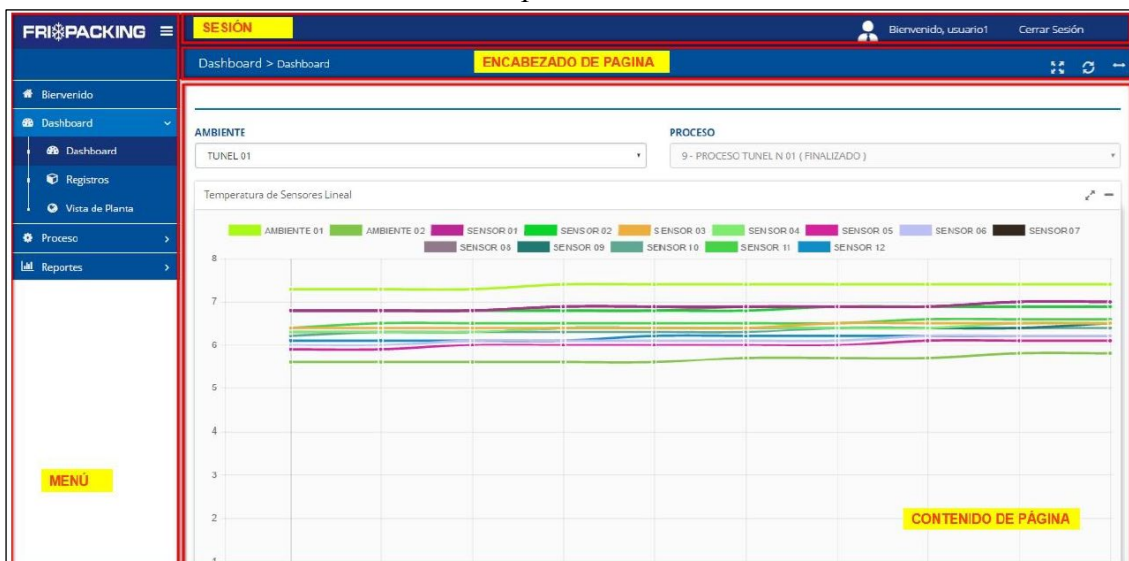
tanque acumulador de amoniaco, también podemos ver el estado de las aperturas de las válvulas tanto en los paquetes de los evaporadores como en las líneas principales de la estrangulación hacia el tanque de bombeo, de igual manera visualizamos las presiones con las que están trabajando las bombas de amoniaco, y también podemos ver si las temperaturas de los ambientes están conforme a los seteos previos al encendido de los evaporadores, aquí tenemos una interacción didáctica entre el frigorista y la planta, con los previos conocimientos básicos de cómo trabaja el ciclo de refrigeración instalada.

3.3.7. Diseño e instalación de la termometría.

La termometría se encarga de medir la temperatura interna de la fruta con el fin de llegar a la temperatura objetiva y evitar quemarla debido a un golpe de frío extremo. Con la termometría se puede revisar las curvas de enfriamiento, tomar decisiones en los procedimientos, y ajustar parámetros para mantener una curva de enfriamiento constante.

Figura 44

Estructura de la termometría en la computadora de control.



Nota. Esta figura muestra el diseño estructural del software de control de termometría, Adaptado del Manual de usuario del sistema de termometría Mamut – Friopacking 2021.

La termometría instalada en este proyecto es un software (Mamut) realizado, diseñado y programado por Friopacking. Ayuda a la interacción y toma de decisiones entre el jefe planta y el frigorista de turno. Por ejemplo, si la temperatura de un ambiente está subiendo

de manera constante a pesar que el evaporador este prendido, la persona que maneja el software de termometría podría alertar de este evento antes de que se caliente toda la fruta, de igual manera el frigorista puede ver este mismo escenario en sala de maquina por medio del HMI, y anticipar dicho evento encontrando las causas como puede ser que una válvula se ha desconfigurado.

3.4. ETAPA 4. EJECUCIÓN Y SUPERVISIÓN DEL PROYECTO

La ejecución y supervisión del proyecto realizado está basado en el conocimiento de ingeniería (agroindustrial, estructural, mecánica, eléctrica, industrial y de refrigeración), normativas, procedimientos, protocolos, experiencias, optimización de tiempos y mejoras continuas empleadas en los proyectos ya ejecutados y los que están en proceso de desarrollo de ingeniería, ya que cada proyecto de refrigeración tiene una carga térmica distinta y un sistema de refrigeración diferente según el requerimiento del cliente.

3.4.1. Instalación de Racks Autoportantes.

Posterior al trazo en la losa y confirmar las cantidades recibidas de los elementos fabricados, procedemos a ubicar el punto geodésico donde se iniciará la instalación con referencia al punto indicado, para mantener el alineamiento sobre la losa de concreto y evitar escuadras en el montaje de paneles.

Procedemos a armar los marcos con las riostras diagonales y horizontales entrelazadas en los pilares, armado el marco se procede al izaje con el apilador eléctrico uniéndolos con la riostra superior para que se sostengan entre sí, interiormente se instalan los conectores para las instalaciones de las vigas, y las riostras superiores.

Una vez pre armado el rack autoportante y armadas las posiciones de encajonamiento, se procede al anclaje de los marcos a la losa de concreto. posteriormente se realiza el protocolo de alineamiento vertical y horizontal con topografía, el cual dará el primer reporte para levantar observaciones de alineamientos.

Para las tolerancias verticales y Horizontales el factor es de 10 líneas (10mm) de corrección en la altura, levantadas desde la base ancladas en el piso, y 10 líneas de aceptación de inclinación en la parte superior de la altura del marco.

Después del levantamiento de observaciones se procede nuevamente iniciar el protocolo y liberar el montaje, como paso final procede el torque de cada perno en todos los elementos de la estructura del rack.

Figura 45

Tolerancias de montaje.

DIMENSIONES, CÓDIGO y DESCRIPCIÓN DE LA TOLERANCIA (Ver fig 6)		TOLERANCIAS SEGÚN CLASE DE RACK APR	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	400	300 A&B
C x		Tomar el mayor valor de los siguientes	
C x	Es el desplome de cada montante en la dirección x .	± 10 ó $\pm H/350$	± 10 ó $\pm H/500$
C z		Tomar el mayor valor de los siguientes	
C z	Es el desplome de cada escala en la dirección z.	± 10 ó $\pm H/350$	+10 ó A: $\pm H/500$ B: $\pm H/750$ **

Nota. Esta imagen muestra el cuadro de tolerancias. Adaptado de Tabla 1 Tolerancias de Montaje, Federación Europea de Manutención.

La tolerancia del montaje vertical se puede corregir con lana de calibración, instaladas debajo de la plancha base del marco es por ello que no se torqu coasten los pernos hasta la liberación del protocolo, la tolerancia horizontal se puede corregir con los arriostres forzando el alineamiento del marco solo si este es menor a 20mm, de lo contrario se tiene que cambiar el elemento templado.

Como observamos (figura 46), el primer control reporta desniveles siendo el mayor en 25mm debido a que la base del marco coincidió con una junta de dilatación del concreto dejando entrever el fuerte desnivel que había entre paños vaciados, se corrigieron con lanas de calibración de 1mm en el segundo control.

Figura 46

Observaciones topográficas en el eje X.

CAMARA 08							
EJES	T. MARCO	TOLER. PERMITIDAS	1ER CONTROL	C1	2DO CONTROL	C2	STATUS
EJE 01-24'	TP-01	11.89	5.00		1.00		CONFORME
EJE 02-24'	TP-02	13.3	8.00		6.00		CONFORME
EJE 03-24'	TP-01	11.89	12.00		2.00		CONFORME
EJE 04-24'	TP-01	11.89	5.00		5.00		CONFORME
EJE 05-24'	TP-03	13.9	12.00		10.00		CONFORME
EJE 06-24'	TP-01	11.89	25.00		4.00		CONFORME
EJE 07-24'	TP-04	16.09	5.00		2.00		CONFORME
EJE 08-24'	TP-01	11.89	2.00		2.00		CONFORME
EJE 09-24'	TP-01	11.89	3.00		2.00		CONFORME
EJE 10-24'	TP-05	16.49	9.00		9.00		CONFORME
EJE 11-24'	TP-01	11.89	2.00		-		CONFORME
EJE 01-25'	TP-01	11.89	10.00		10.00		CONFORME
EJE 02-25'	TP-02	13.3	4.00		3.00		CONFORME
EJE 03-25'	TP-01	11.89	8.00		6.00		CONFORME
EJE 04-25'	TP-01	11.89	10.00		6.00		CONFORME
EJE 05-25'	TP-03	13.9	8.00		3.00		CONFORME
EJE 06-25'	TP-01	11.89	9.00		6.00		CONFORME
EJE 07-25'	TP-04	16.09	12.00		10.00		CONFORME
EJE 08-25'	TP-01	11.89	12.00		5.00		CONFORME
EJE 09-25'	TP-01	11.89	2.00		2.00		CONFORME
EJE 10-25'	TP-05	16.49	9.00		9.00		CONFORME
EJE 11-25'	TP-01	11.89	7.00		7.00		CONFORME

Nota. Esta figura muestra el cuadro de control partiendo por el reporte topográfico y los desniveles permitidos, reales y los corregidos en el segundo control. Elaboración propia.

3.4.2. Instalación de Paneles Termoaislantes.

Los paneles de pared y techo serán instalados al contorno de los racks y para los demás ambientes serán montados apoyándose en la estructura principal de la nave, para los techos que no tienen apoyo estructural se usarán colgadores a la estructura externa de la nave perforados al panel mediante bujes de sujeción.

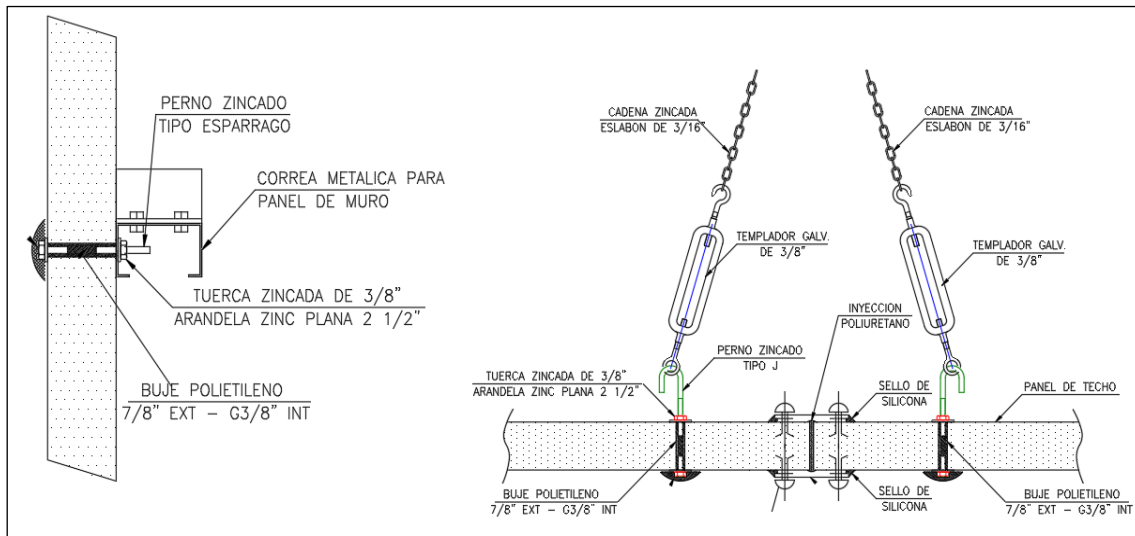
Antes de empezar a montar los paneles se verifica la deformación máxima permisible $\delta_{max} = L/1\ 000$. Norma E.090 del RNE, ejemplo si un panel mide 12.8 metros de largo.

$$L=12.8/1\ 000$$

$$0.0128m = \delta_{max} = 12.8mm$$

Figura 47

Detalle de montaje y fijaciones de paneles.



Nota. Esta figura nos muestra el detalle que tiene que tener cada panel para ser fijado ya sea de forma colgante o fijada lateralmente. Elaboración propia.

Realizar el trazo correspondiente para instalar el canal U donde asentará los paneles en forma vertical, este deberá ser instalado a la losa mediante perforación con una capa de silicona al piso para reducir la transferencia de calor de la losa.

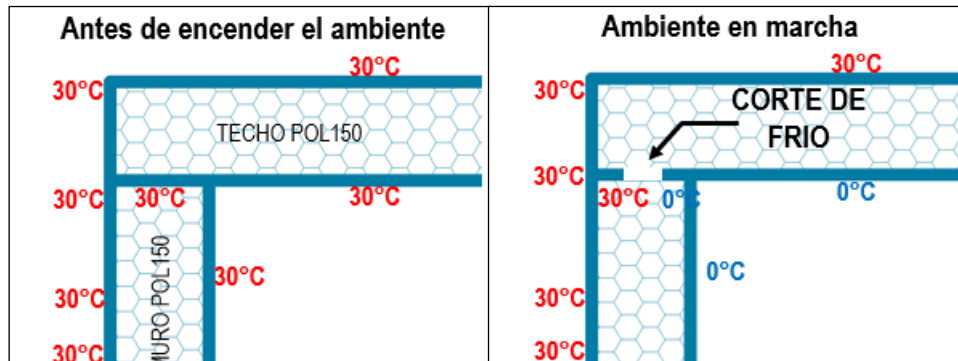
Elevar los paneles ya sea de forma manual o con elevador eléctrico, al tener el primer panel en forma vertical y en su posición se anclará a la estructura de los racks o correas laterales, se continúa con el segundo panel realizando la instalación del lado continuo izquierdo o derecho según el caso, para que estos machimbren entre sí. Posteriormente se instalan los ángulos de paredes tanto interno como externos dejando únicamente los extremos colindantes con el panel de techo para que al final se alineen y poder nivelar la altura para que al momento de montar y asentar el panel de techo no exista demasiada luz.

Una vez montado los paneles de pared se procede a realizar los cortes de frío para poder interrumpir la transferencia de calor por conducción entre la cara externa expuesta al ambiente y la cara interna climatizada, la cual produciría una condensación por

consiguiente debemos evitar goteos dentro de los ambientes lo cual sería perjudicial para la fruta.

Figura 48

Cortes de frío en los paneles.

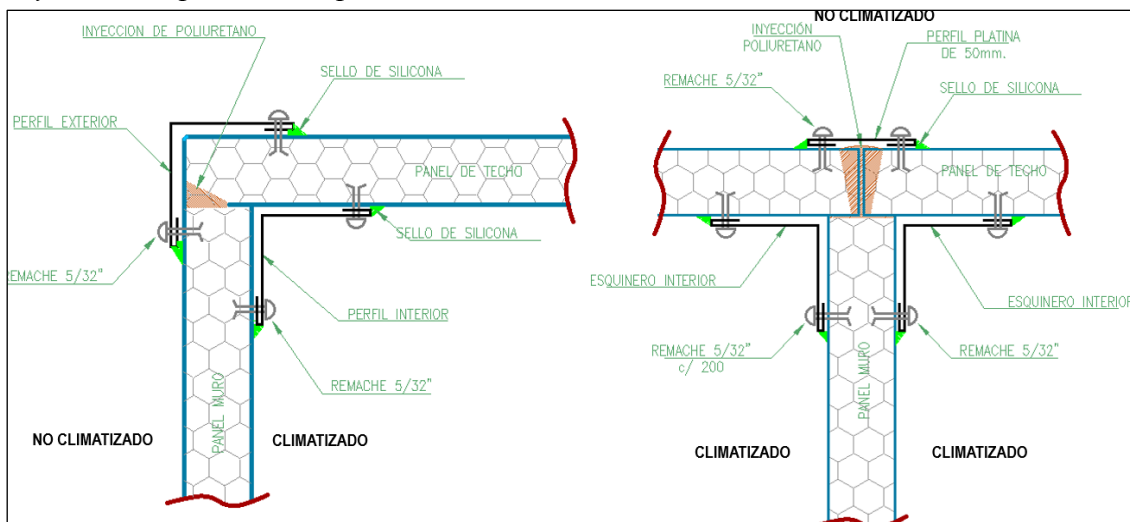


Nota. Esta figura nos muestra la diferencia de temperatura de condensación entre un panel con corte de frío y otro sin corte de frío.

Armados los ambientes de toda la planta tanto pared como techo debemos hermetizar para evitar vacíos entre los paneles y el ingreso de fluidos como las lluvias o el aire caliente del exterior, para hermetizar usamos inyección de poliuretano.

Figura 49

Inyección de poliuretano para hermetizar.



Nota. Esta imagen muestra la forma correcta de hermetizar e inyectar poliuretano en las juntas de montaje de los paneles. Elaboración propia.

Después de nivelar y hermetizar los paneles procedemos al sellado de juntas con silicona para dar la hermeticidad final y los acabados estéticos.

3.4.3. Instalación de tuberías y válvulas.

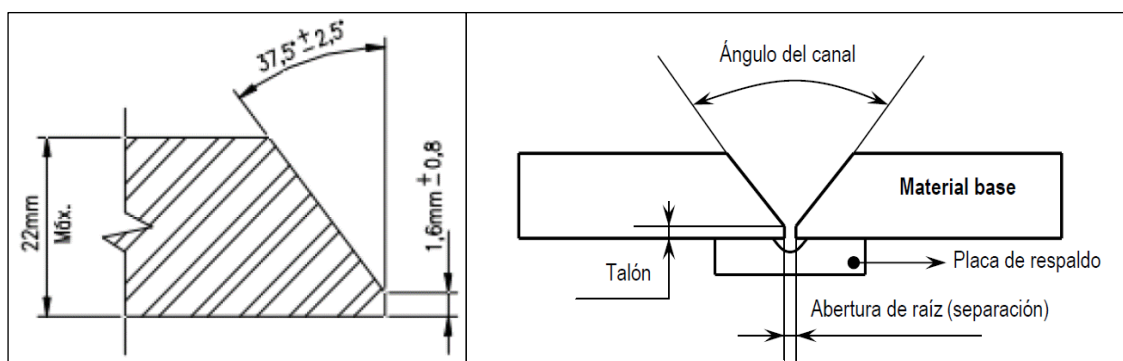
Ante de proceder con el posicionamiento de las tuberías en los soportes y patines ya armados, debemos realizar la limpieza interna de las tuberías para evitar que los filtros y válvulas se saturen por suciedad en el las pruebas realizadas antes de la puesta en marcha, esta suciedad puede dañar componentes esenciales de las válvulas evitándolas abrir o cerrar por ende un mal funcionamiento del sistema.

El inicio de la limpieza consiste en pasar una escobilla circular metálica a través de todo el interior de la tubería hasta retirar el óxido superficial que hay en el interior, posteriormente realizamos un barrido con aire para retirar el polvillo que no puede arrastrar la escobilla.

Se realiza el izaje de las tuberías mediante poleas para el montaje en su posición de acuerdo al plano, posteriormente se realiza la preparación de juntas en donde se biselan los extremos de acuerdo al perfil exigido en la norma ASME B31.5 para diseño de tuberías de refrigeración, el objetivo es asegurar la penetración deseada en la soldadura con el fin de aumentar la fuerza en la unión de la tubería.

Figura 50

Normativa para el biselado en las juntas de soldadura.



Nota. La figura muestra el correcto biselado y separación para el armado de las tuberías o válvulas, previo a ser soldados. Adaptado de la Normativa ASME B31.5.

Posteriormente nivelar la soporteria con una pendiente del 0.5% las líneas que van al evaporador, en la línea de succión un 0.5% hacia el tanque separador y la línea de descarga un 2% de pendiente en dirección al tanque separador

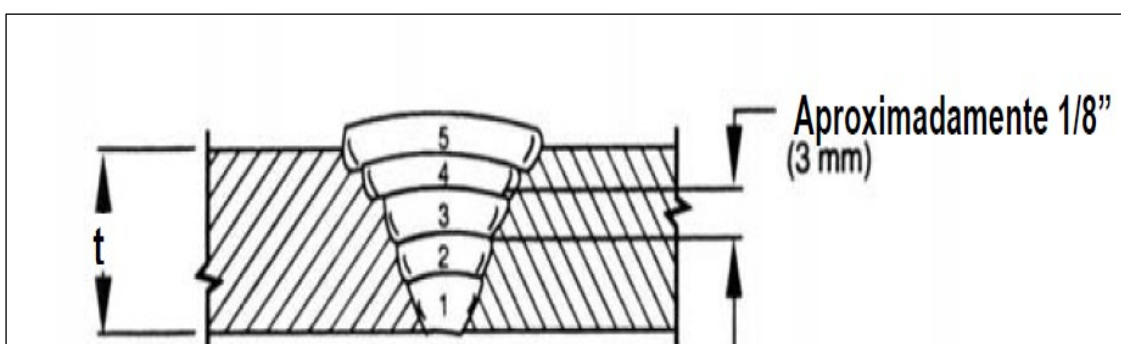
Usamos los protocolos de revisión previo a la soldadura,

- Angulo del bisel 35 grados.
- Espesor del talón 3mm
- Abertura de la raíz 3mm

Liberado los protocolos se procede con la primera capa de soldadura (raíz), luego la secuencia de relleno o cordones y finalmente el acabado, en este proyecto se realizaron placas radiográficas a las troncales debido a su gran dimensión y riesgo ante una fuga futura de amoniaco.

Figura 51

Secuencia de cordones de soldadura.



Nota. Esta figura muestra la serie de cordones que tiene que tener la unión soldada entre tuberías o tuberías y válvulas. Adaptado de la Normativa ASME B31.5.

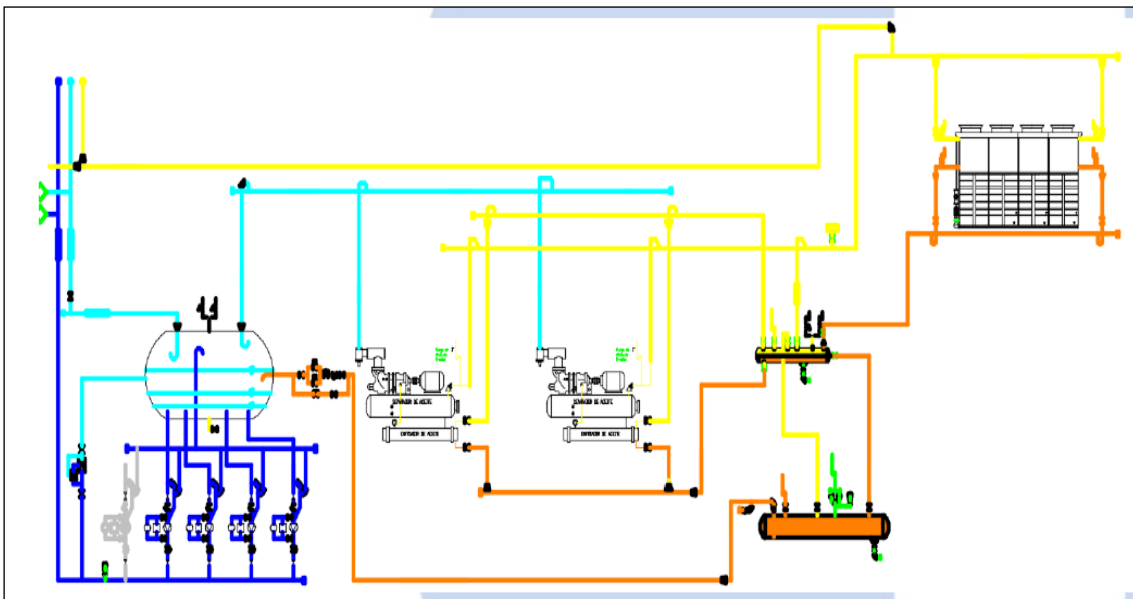
Para el soldado entre tubería y el cuerpo de la válvula se tiene que desarmar el elemento compacto retirando los pernos y extrayendo el interior de la válvula para evitar dilataciones en los componentes internos debido al calor de la soldadura, es importante seguir y revisar el esquema técnico para soldar la tubería de acuerdo a la dirección de flujo del refrigerante o en caso contrario la dirección de retención de refrigerante.

Terminando las soldaduras es importante el pintado de la tubería, para poder identificar en qué estado se encuentra el amoníaco y en qué fase del ciclo está fluyendo. Estandarizamos las instalaciones con las normas internacionales de la iiar de refrigeración, tenemos los siguientes datos.

- Línea de amoníaco líquido de alta presión.
Ral 2 000 yellow orange
- Línea de amoníaco en gas a alta presión.
Ral 1 023 trafic yellow.
- Línea de amoníaco en la succión húmeda.
Ral 5 012 lighth blue.
- Línea de amoníaco en la inyección de líquido.
Ral 5 015 sky blue.

Figura 52

Colores normados para tuberías de amoníaco expuestas.



Nota. Este esquema técnico de refrigeración industrial nos indica los colores de identificación en las líneas expuestas con amoníaco en sus distintas fases. Adaptado de The international institute of all-natural refrigeration. (2025) Revisión de las Normas.

La línea de succión y líquido son las que van con aislamiento térmico para evitar la condensación de las mismas, estas al tener enchaquetado tienen que ser señalizadas o rotuladas con los colores correspondientes a la norma de refrigeración, la cual se proyecta en el esquema técnico principal para el uso y manejo mecánico de la planta.

3.4.4. Instalación de Equipos.

Para la instalación de los evaporadores y baterías evaporativas es necesario verificar la presión con la que llegan de fábrica, así sabremos si tienen una posible fuga en el serpentín, el montaje en la estructura de soportes se puede realizar de forma manual con tecla o cable acerado, y de forma rápida se puede usar elevador eléctrico o montacarga.

Las perforaciones que se realicen debido a la unión del esparrago que sujeta el evaporador con la estructura metálica, esta perforación debe ser rellenada y hermetizada con poliuretano.

3.4.5. Limpieza y presurizado.

Para la limpieza es necesario cerrar todo el sistema de tuberías y paquete de válvulas sin que estas estén armadas para evitar que la escoria arrastrada por la presión del aire se introduzca a algún elemento del sello,

Se procede a montar las válvulas de bola en cada troncal principal (succión húmeda, líquido y gas caliente), estas servirán para evacuar el aire comprimido que se inyectará por el punto más alto del sistema, esto con el fin de retirar la suciedad que se acumula en las tuberías y los cuerpos de las válvulas, se debe utilizar una compresora con una capacidad de carga de 150Psi mínimo, se inyectará el aire desde el punto más alto de cada troncal conectada mediante una válvula de purga para que por ahí ingrese el aire.

Es necesario retirar al personal que se encuentre cerca, ya que cuando la válvula esta libera la presión arrastrando la suciedad con un ruido de altos decibeles.

Figura 53

Seccionamiento para limpieza y presurizado.



Nota. Esta imagen muestra un ejemplo de limpieza a presión de las líneas de tubería de amoníaco. Elaboración propia.

Limpio todo el sistema de tuberías se tiene que cerrar nuevamente las troncales principales, líneas y equipos, para dejar presurizado el sistema con nitrógeno a 350psi, con la finalidad de verificar si hay alguna fuga, los 350psi deberán estar estancados durante 48 horas máximas, con una variación permisible del 2%

3.4.6. Carga de Amoníaco

El cliente es el encargado de comprar y suministrar el Amoníaco, nos llegó cuatro nodrizas con amoníaco líquido.

Primera nodriza= 2 000Kg

Segunda nodriza= 2 000Kg

Tercera nodriza= 2 000Kg

Cuarta nodriza= 1 779Kg

La primera nodriza se cargó por vacío en el tanque receptor, la segunda en las líneas de líquido y la tercera en el tanque de separador.

3.5. ETAPA 5. CIERRE Y POST VENTA DEL PROYECTO.

3.5.1. Puesta en Marcha.

En Paralelo a la carga de amoniaco, procedemos a colocar cada elemento de las válvulas a sus posiciones, aceitando y engrasando cada empaque, sello y O-ring. Procedemos a purgar todo el nitrógeno estancado y posteriormente realizamos el vacío del sistema con una presión recomendada de 5.000micrones llegando a un vacío de 29.9” Hg que es igual a 0.193psi, siguiendo los estándares AMSI/IIAR/ASME

Figura 54

Tabla de conversión de vacío.

Pressure Vacuum Equivalents					
Absolute pressure above a zero base		Vacuum below one atmosphere		Fraction of one atmosphere	Vaporization temperature of H2O in °F
Microns	PSIA	mm Hg	Inches Hg		
0	0.000	760.00	29.921	-	-
50	0.001	759.95	29.920	1/15000	-50
100	0.002	759.90	29.920	1/7600	-40
150	0.003	759.85	29.920	1/5100	-33
200	0.004	759.80	29.910	1/3800	-28
300	0.006	759.70	29.910	1/2500	-21
500	0.009	759.50	29.900	1/1500	-12
1,000	0.019	759.00	29.880	1/760	1
2,000	0.039	758.00	29.840	1/380	15
4,000	0.078	756.00	29.760	1/190	29
6,000	0.117	754.00	29.690	1/127	39
10,000	0.193	750.00	29.530	1/76	52

Nota. Esta figura nos muestra la medición ideal para realizar el vacío en las tuberías y quitar la humedad. Adaptada del The international institute of all-natural refrigeration. (2025) Revisión de las Normas.

Pre arranque.

- Se procede a instalar y revisar los filtros de los compresores, bombas y tanques de aceite.
- Calibramos los traductores de presión.

- Cargamos aceite a los compresores.
- Engrasamos los rodamientos.
- Realizamos las mediciones eléctricas en los tableros de fuerza y los variadores de arranque de los compresores.
- Prueba de giros en (evaporadores, y ventiladores independientes).
- Prueba de giro de los motores de los compresores.
- Configurar parámetros de arranque y parada en el quantum del compresor.
- Prueba de giros de las bombas de amoniaco.
- Pruebas de giro en las bombas de recirculación de agua.
- Pruebas de giro de los ventiladores del condensador.
- Llenar de agua la tina de los condensadores.
- Regulación manual de las válvulas de paso, reguladoras y de control.
- Configuración de parámetros en el tablero de control del HMI.

Arranque.

Se arranca el compresor para ecualizar las presiones en el tanque de bombeo y el tanque recibidor, distribuimos el refrigerante en la línea de líquido y encendemos los evaporadores, revisamos los niveles de los tanques y abrimos las válvulas de la succión del refrigerante al compresor, seteamos las temperaturas de enfriamiento siguiendo como referencia los estándares del iiar de refrigeración.

Se procede a realizar el enfriamiento de los ambientes bajando la temperatura gradualmente y pausadamente para evitar implosiones internas y rajaduras en la losa debido a la carga térmica exterior y al cambio brusco de temperatura.

Este proceso tiene un tiempo de duración de entre 3 a 5 días por ambientes antes del inicio de pruebas con fruta.

Figura 55

Reducción de temperatura por tiempos, en un arranque de planta.

Phase I – Pull down from Ambient to 35 °F.		
Lower temperatures with the following time schedule:		
Time	Maximum Room Reduction	Minimum Room Temperature
24 Hours	10 °F	75 °F
24 Hours	15 °F	60 °F
24 Hours	15 °F	45 °F
24 Hours	5 °F	40 °F
24 Hours	5 °F	35 °F
Phase II–Hold at 35 °F for concrete cure		
35 °F shall be maintained in rooms that will operate below freezing until the concrete contractor or engineer verifies that the concrete has cured and it is safe to proceed with Phase III. In lieu of concrete		

Nota. Esta imagen muestra el proceso diario y el max y min de temperatura para enfriar por primera vez el ambiente. Adaptada del The international institute of all-natural refrigeration. (2025) Revisión de las Normas.

Posteriormente a climatizar los ambientes realizamos la primera parada de planta para el cambio de filtros, ya que la primera recirculación del refrigerante traerá suciedad a cada componente del sistema de refrigeración.

Procedemos a los ajustes y regulación de equipos, válvulas, seteo de temperatura y control de parámetros (PID proporcional, integral y derivativo), en el tablero HMI el cual definirá los tiempos de enfriamiento, tiempos de deshielo, tiempos de seguridad, tiempos de succión e inyección, y niveles de amoníaco en los tanques.

Regulamos los parámetros en el HMI de control, para el encendido inicial de operación de planta.

Figura 56

Parámetros de regulación del tanque de bombeo.

TANQUE DE BOMBEO			
REGULACIÓN DE ICAD			
Max apertura	65%	Min apertura	0%
REGULACIÓN DE NIVEL DE LÍQUIDO (AKS 4100)			
Alarma por nivel alto	65%	Alarma por nivel bajo	10%
Punto de control	25 %		
REGULACIÓN DE BOMBA DE AMONIACO			
Alarma por presión diferencial bajo		1 bar	
presión de descarga de la bomba	5 bar	Regulación de CVPP-LP (presión de la descarga)	5.5 bar

Nota. La figura nos muestra los parámetros de pruebas a ingresar hasta tener el sistema inundado y ecualizado. Elaboración propia, histórico de proyectos con amoniaco.

Figura 57

Programación de deshielo para los evaporadores.

TIEMPOS PROGRAMADOS PARA EL DESHIELO Y FRIO		
DESCRIPCIÓN	VALOR	U/M
Tiempo de pre vacío	120	Seg.
Tiempo de pre secado	120	Seg.
Tiempo de vacío	300	Seg.
Tiempo de inyección	10	Min.
Tiempo de goteo	120	Seg.
Tiempo de vacío al apagar el evaporador	60	Seg.

Nota. La figura muestra los parámetros históricos para la programación del deshielo y los tiempos de parada de los evaporadores.

Los parámetros dados en la (figura 57), muestran el proceso de deshielo para evitar el congelamiento del serpentín debido a la baja temperatura en el ambiente y la humedad que esta rodea al evaporador.

Con los siguientes parámetros (figura 58) de acuerdo al manual, la experiencia de proyectos anteriores, y la carga térmica, podemos monitorear la eficiencia, la seguridad y la capacidad del compresor, ciertos parámetros tienen un porcentaje de variación de acuerdo el ingreso de carga térmica durante el día.

Figura 58

Parámetros para el funcionamiento del compresor.

PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO TEMPERATURA Y PRESIONES		
DESCRIPCIÓN	VALOR	U/M
PRESIÓN DE SUCCIÓN	3.42	Bar
TEMPERATURA DE SUCCIÓN	11.5	°C
SOBRECALENTAMIENTO	10.6	°K
PRESIÓN DE DESCARGA	10.74	Bar
TEMPERATURA DE DESCARGA	71.2	°C
PRESIÓN DE ACEITE	10.18	Bar
TEMPERATURA DE ACEITE	52.9	°C
DIFERENCIAL DE FILTRO	0.17	Bar
TEMPERATURA DE SEPARADOR DE ACEITE	46.3	°C
CAPACIDAD DE DESLIZAMIENTO	100	%
VOLUMEN DE DESLIZAMIENTO	2.2	
VELOCIDAD	3590	Rpm
AMPERAJE DE MOTOR	256	Amps

Nota. En este resumen se muestra los parámetros de funcionamiento del compresor. Elaboración propia.

Figura 59

Parámetros para Regulación de Válvulas

REGULACION DE VÁLVULAS EN LOS PAQUETES	
Piloto CVP-LP	2 bar
Válvula OFV	6 bar
Válvula REG Liquido	3 vueltas abiertas
Máxima apertura de ICM	100 %
Mínima apertura de ICM	0 %
Válvula REG Liquido	4 vueltas abiertas
OFV	6 bar

Nota. En la figura se muestra los parámetros bases para iniciar las regulaciones y pruebas hasta llegar al punto exacto de la temperatura requerida.

Posterior a la puesta en marcha en vacío, se realiza el enfriamiento con fruta, para poder realizar ajustes correctos de los parámetros en cada uno de los equipos y válvulas de control. Cuando todas las pruebas de los controles y sus ajustes se han completado, procedemos con el arranque automático completo con el sistema de control y monitoreo operando en modo automático. Realizar el monitoreo por un mínimo de tiempo hasta lograr estabilizar las temperaturas en los evaporadores, si se han presentado anomalías

durante este tiempo, tomar las medidas necesarias para efectuar las correcciones y dejar memorias de parámetros de operación inicial y anotaciones de ajustes y /o correcciones realizadas.

Seguimiento a los siguientes puntos de control.

- Presión de descarga y punto de control para parada por alta presión.
- Presión de succión y punto de parada por baja presión.
- Control de aceite y verificación de parada por falla de aceite.
- Control por alta temperatura de descarga.
- Todos los demás controles susceptibles a poner a punto y ser probada su operación con carga térmica.

- Protecciones y puntos de operación de nivel de líquido.
 - Parada de compresor por alto nivel de líquido.
 - Alarmas por alto nivel de líquido.
 - Parada de bombas por bajo nivel de líquido.
 - Alarma por bajo nivel de líquido.

- Control de operación de condensador.
 - Control de presión de condensación.
 - Alarma por falla de motores.

3.5.2. Análisis de la Curva de Enfriamiento.

Con la termometría instalada en los túneles podemos realizar la medición exacta de la fruta y evitar quemarla debido a un golpe de frío extremo.

Podemos obtener reportes, revisar y analizar las curvas de enfriamiento, tomar decisiones en los procedimientos y en sala de máquina, ajustar parámetros para mantener una curva de enfriamiento constante.

Para analizar el comportamiento de la curva de enfriamiento tenemos nueve variables Reflejadas en las coordenadas X-Y, los cuales nos ayudaran a identificar el punto objetivo en el plano, coordenada X= Tiempo, coordenada Y= Temperatura.

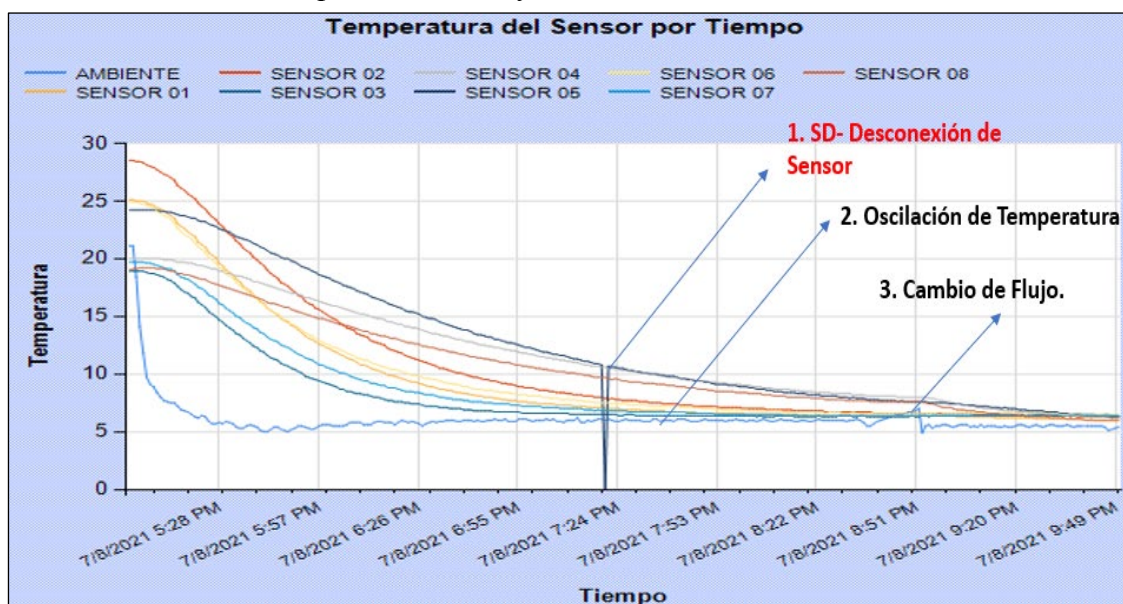
Con los reportes y gráficos podemos observar.

- Oscilaciones de temperatura.
- Sensores dañados y/o desconexiones.
- Comportamiento de la válvula de control.
- Ajuste del PID para tipo de Fruta.
- Tiempo exacto de enfriamiento por túnel.
- Comparación de enfriamiento con respecto a cada producto, empaque y embalaje.
- En qué momento se realiza el cambio de flujo.

El Controlador PID (controlador proporcional, integral y derivativo), es el mecanismo de control de un sistema de automatización que a través de un entrelazo de retroalimentación permite regular la temperatura, velocidad, presión y el flujo entre otras variables de un proceso en general de un sistema.

Figura 60

Análisis de la curva del proceso 1 de enfriamiento.

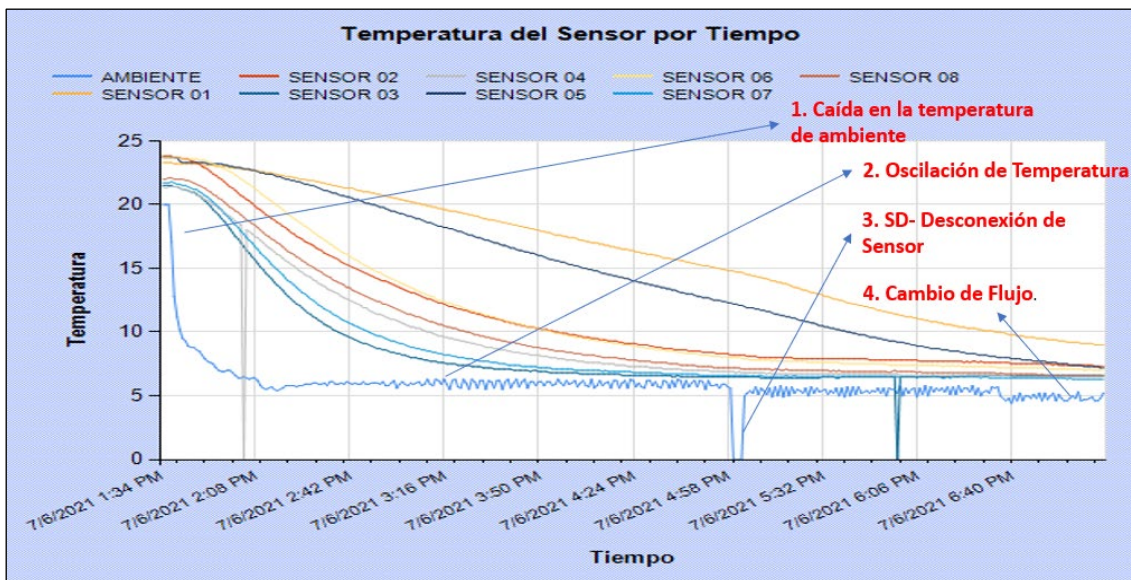


Nota. La figura muestra la lectura de los sensores de la termometría a analizar. Elaboración propia.

Como resultados en la imagen (60), tenemos que corregir y ajustar los parámetros del PID, para evitar una oscilación de la temperatura y mejorar los tiempos de enfriamiento.

Figura 61

Análisis de la curva del proceso 2 de enfriamiento.



Nota. La figura muestra la lectura de los sensores en la segunda prueba con los parámetros modificados para lograr mejores resultados. Elaboración propia.

Resultados.

- Analizamos la curva, encontrando oscilaciones casi constantes en la temperatura ambiente, entre 0.1 y 0.2°C, aceptables.
- Se aprecia que en el eje X a las 20.50 se realizó el cambio de flujo alterando la temperatura ambiente.

De esta manera el ajuste de los parámetros del PID en la prueba llamada proceso 2 mejora con respecto al proceso 1, se procede a realizar más pruebas analizando y comparando resultado, así obtendremos parámetros bases para los demás túneles, los parámetros base de la configuración del PID son (referenciales).

3.5.3. Control de Indicadores

Los indicadores principales que manejamos dentro del sistema de refrigeración instalado se podrán visualizar y extraer del:

En el HMI.

El tiempo de deshielo.

Es el dato que debemos siempre revisar y registrar ya que si este dato se eleva de su cálculo inicial nos daríamos cuenta que hay un problema con la inyección del gas caliente, el cual puede generar aumento de presión en las líneas y daño en algún elemento de las válvulas y/o evaporadores.

Cambios de temperatura.

Los cambios de temperatura bruscos en las cámaras o túneles nos ayudarán a mejorar los procesos de ingreso de la fruta a los ambientes con el fin de evitar elevaciones de temperaturas y aumentar la capacidad del compresor innecesariamente.

En el Quantum del compresor.

Porcentaje y horas de trabajo diario del compresor.

$$\%T = \text{tiempo encendido} / (\text{tiempo encendido} + \text{tiempo en reposo})$$

Capacidad de calor extraído por hora.

$$Q_{\text{Extraído}} = \text{Kw succión} / \text{tiempo encendido}$$

Eficiencia del compresor diario.

$$\text{Eficiencia} = \text{energía útil de salida} / \text{energía de entrada.}$$

Consumo energético por hora.

$$\text{Kw/h} = (\text{Kw consumidos} \times \text{tiempo de encendido}) / 1\ 000$$

Pérdida de presión en la succión según ficha técnica del compresor.

$P_s = 2$ a 3bar

Presión de descarga según ficha técnica del compresor.

$P_d = 10$ a 12bar.

En la Termometría.

Eficiencia de túnel.

$Q_t =$ Cantidad de fruta x calor específico de la fruta x delta de temperatura.

En el Mantenimiento de Planta.

Indicadores MTBF, tiempo medio entre fallos.

Indicadores MTTR, tiempo medio de reparación.

$MTBF = (\text{tiempo total disponible} - \text{tiempo inactividad}) / \text{número de paradas}.$

$MTTR = \text{tiempo fuera de servicio} / \text{número de fallas}.$

$\text{Disponibilidad} = MTBF / (MTTR + MTBF).$

$\text{Confiabilidad} = \text{horas disponibles} / \text{números de fallos}.$

Estos indicadores deben registrarse en los mantenimientos de cada componente del sistema de refrigeración.

Figura 62

Cuadro de indicadores para los mantenimientos de planta.

ÍTEM	EQUIPO	TIEMPO DE OPERACIÓN (horas)	TIEMPO DE PARADA (horas)	NUMERO DE FALLAS	MTBF (horas)	MTTR (horas)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
------	--------	-----------------------------	--------------------------	------------------	--------------	--------------	----------------	---------------

Nota. En la figura se muestra un índice de tabla recomendado para registrar indicadores de disponibilidad y confiabilidad de los principales equipos de la planta. Elaboración propia.

3.5.4. Plan de Mantenimiento.

En el plan de mantenimiento unificamos los cuadros de horas de trabajo de cada equipo para cada tipo de mantenimiento, según la ficha técnica, también detallamos los procedimientos de cada uno de ellos, se unifica el listado de repuestos críticos dentro del plan de mantenimiento y el chek list de operaciones para cada arranque de planta. (Ver Anexos). Entonces tendremos el plan de mantenimiento (tiempos), procedimientos de los mantenimientos a equipos (según Ficha Técnica), lista de repuestos críticos, (chek list de operaciones, y control e indicadores.

Dentro del plan de mantenimiento esta la capacitación y el acompañamiento al cliente (Frigoristas) durante las primeras semanas de funcionamiento de la planta de refrigeración.

Los tipos de mantenimientos que serán realizados en la planta son los siguientes.

Mantenimiento correctivo, mayormente se darán en los cambios de elementos en las válvulas y en los filtros de cada equipo ya que son los que presentan continuamente más fallas por suciedad en el sistema.

Mantenimiento preventivo, este estará en la planificación semanal, mensual y anual del área de mantenimiento, según la recomendación de los fabricantes de cada equipo adjunto en el plan de mantenimiento.

Mantenimiento predictivo, busca en el sistema de refrigeración anticiparse a las fallas más críticas como por ejemplo un análisis de vibración del compresor nos anticiparía ante una de rotura de componentes, por consiguiente, una parada de compresor lo cual disminuiría la capacidad de refrigeración de la planta.

Mantenimiento programado, este se dará en coordinación entre el área de mantenimiento y el área de procesos de planta ya que hay equipos que necesitan su mantenimiento antes de seguir trabajando por más horas, por ejemplo, un cambio de aceite en el compresor se tiene que parar uno de tres para, esto reduce la capacidad

frigorífica reduciendo la cantidad de ambientes a enfriar lo cual conlleva a tener soluciones como por ejemplo ingresar la fruta a distinta hora programada etc.

Mantenimiento remoto, este se dará vía online para la configuración en la termometría y el HMI del control de planta.

CAPITULO IV: LECCIONES APRENDIDAS Y PROYECCIÓN PROFESIONAL

4.1. Lecciones Aprendidas.

- La hermeticidad es un punto importante para el sellado de juntas de los paneles de pared y techo, dicha silicona con la cual se le da el acabado funciona al 100% en climas de alta temperatura según ficha técnica, sin embargo en el análisis de por que suele ingresar agua por las juntas del machihembrado es por mala inyección de silicona y por qué la silicona al contacto con el calor del ambiente se vuelve elástica, este fenómeno acompañado a la vibración de los equipos que trasmite a través del soporte que atraviesa el panel, esta junta empieza a abrirse, así que lo indicado para proyectos de refrigeración en zonas muy cálidas como Piura es impermeabilizar las junta con un aditivo, posterior al acabado o sellado.
- El amoniaco es un refrigerante altamente peligroso así que desde que se inicia la carga de amoniaco hasta el arranque de planta es vital que cada ingeniero y técnico cuenten con un detector de amoniaco portátil.
- Sabemos que los paquetes de válvulas van por encima de los techos y son lo más frecuentes en mantenimiento y cambio de filtros, por consiguiente, como diseñadores y ejecutores de plantas de refrigeración debemos inculcar a los clientes el principio de seguridad para los técnicos frigoristas, ya que dejan de lado la construcción de las rutas de evacuación libres de obstáculos, por si en caso de fugas de amoniaco el frigorista tenga que evacuar, el cliente debido a la falta de experiencia en manejo de plantas de refrigeración y el desconocimiento mecánico de la planta omite estos detalles.

- Como diseñadores de plantas es importante definir el % de factor de servicio para evitar sobredimensionamientos en las plantas de refrigeración.
- Parte del diseño y propuestas futuras, debería incluir detectores de amoníaco en los puntos más críticos del diseño de la planta y también extractores de aire para evacuar el gas en caso de fugas de amoníaco.
- Siempre verificar la deformación máxima en los paneles, ya que complica el machihembrado y no permite realizar una adecuada hermeticidad.
- Si el cliente decide seleccionar y usar panel poliestireno (Pol), lo recomendado es instalar una división de muro cortafuego entre la sala de procesos y los ambientes climatizados o un sistema contraincendios automatizado.
- Direccionar las purgas de gas por encima de los 8 metros de altura de la base del condensador, y las purgas de líquido direccionarlas a depósitos con agua, para reducir la concentración de amoníaco.

4.2. Proyección Profesional.

Actualización profesional, actualmente en Perú se están ejecutando ampliaciones de plantas agroindustriales reemplazando el amoníaco por el CO₂, recientemente llego a Perú el libro del CO₂, por el iiar, “manual de refrigeración con dióxido de carbono”, como ingeniero tenemos la obligación de estar siempre actualizados dentro de nuestra rama.

Especialización en refrigeración, considerar obtener certificaciones en cada componente de la refrigeración ya que son temas muy amplios que requieren mucho estudio. Realizar un doctorado para ofrecer servicios de consultoría a las diversas plantas que no tienen un staff especializado.

Especialización en docencia universitaria, considerar obtener una maestría en docencia y compartir como curso el conocimiento en refrigeración industrial en sus diferentes tipos y utilización.

4.3. Conclusiones.

Concluyo que conociendo el ciclo de refrigeración disminuye los errores en las pruebas del arranque y los ajustes de los parámetros PID se vuelven más precisos, se logró tener una oscilación mínima de temperatura entre 0.2° a 0.5°C , en los distintos ambientes de la planta.

El control del caudal del aire y un correcto vacío en el sistema de las líneas de amoniaco ayuda a tener un punto de equilibrio entre la humedad relativa y la temperatura de enfriamiento con el fin de evitar cualquier deshidratación de la fruta o proliferación de hongos y bacterias.

Concluyo que al tener una oscilación mínima de temperatura ayuda a reducir los tiempos de pre enfriamiento de la materia prima y post enfriamiento del producto terminado ya que nos da mayor estabilidad de temperatura asiendo que las válvulas y otros componentes trabajen en menos ciclos de apertura y cierre, pudiendo aumentar la capacidad de las cámaras y/o túneles.

A una oscilación térmica menor se reduce el consumo energético de los equipos y componentes que intervienen durante el enfriamiento del producto. También es importante un análisis real del factor del servicio y una selección de equipos con un factor de seguridad no muy alto ya que tendríamos mucha capacidad de enfriamiento para poca carga térmica, aumentando el consumo energético.

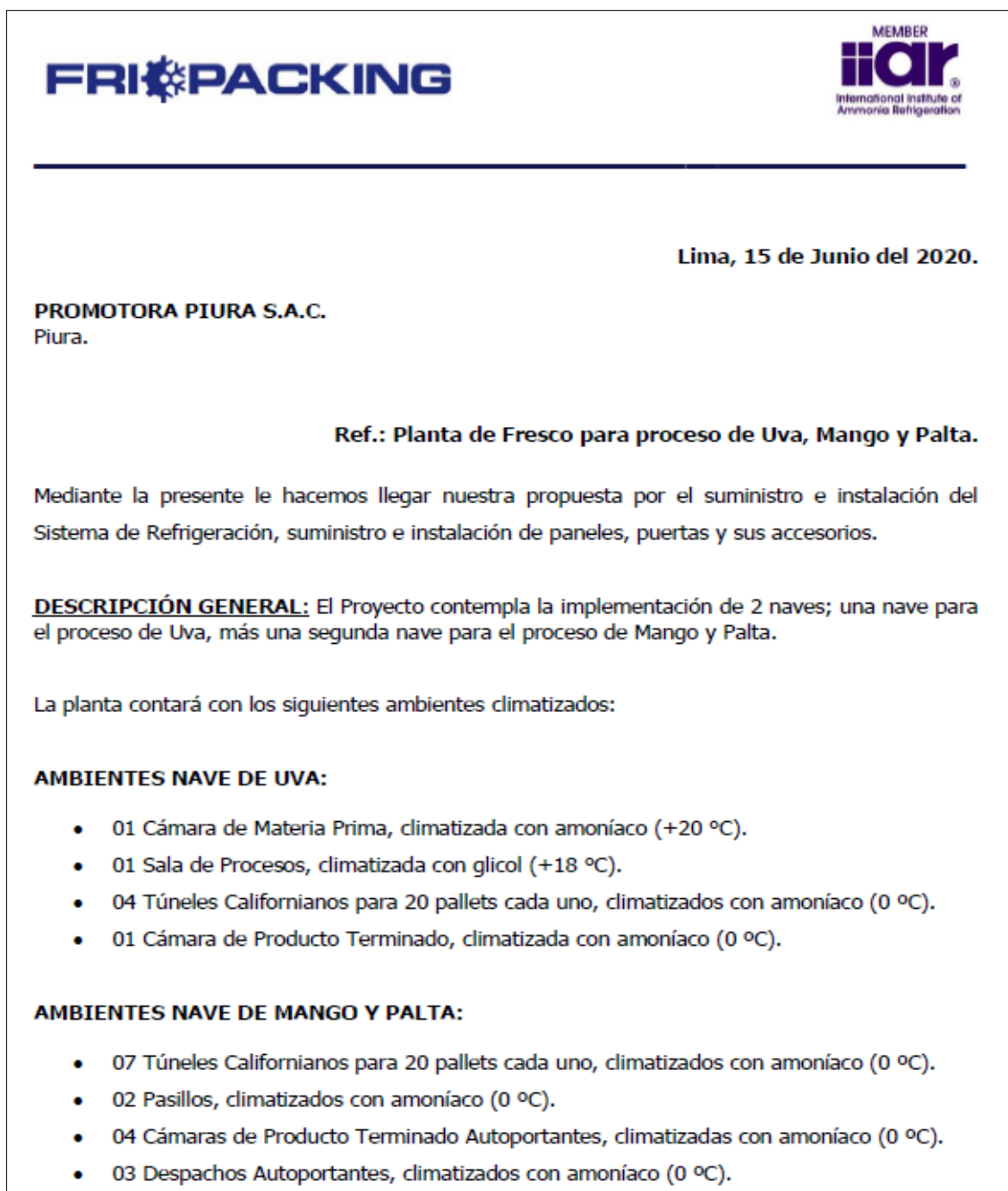
Es importante un amplio conocimiento en la instalación y soldadura de válvulas y tuberías, ya que de este depende el tiempo de vida de las costuras y evitar posibles fugas de amoniaco, a su vez instalar parámetros de seguridad de apertura y cierre por aumento de presiones y colocar válvulas de alivio y purga en cada paquete y en tramos de la troncal hacia la SADEMA. Es importante indicar al cliente que tenga en cuenta en sus presupuestos planes de emergencia y contingencia ante una posible fuga de amoniaco y equipos que permitan avisar y retener estas fugas como son los extractores de amoniaco, los detectores de amoniaco y los kits de emergencia antiderrame con el fin de evitar accidentes fatales.

4.4. Anexos Relevantes.

Adjunto los anexos más relevantes de cada ciclo de vida del proyecto de refrigeración.

Figura 63

Anexo página inicial de la memoria descriptiva de la propuesta de diseño.



Nota. La figura muestra la primera página de la memoria descriptiva trabajada y enviada al cliente. Elaboración propia.

Anexo 1

Figura 64

Anexo resumen de la propuesta económica.

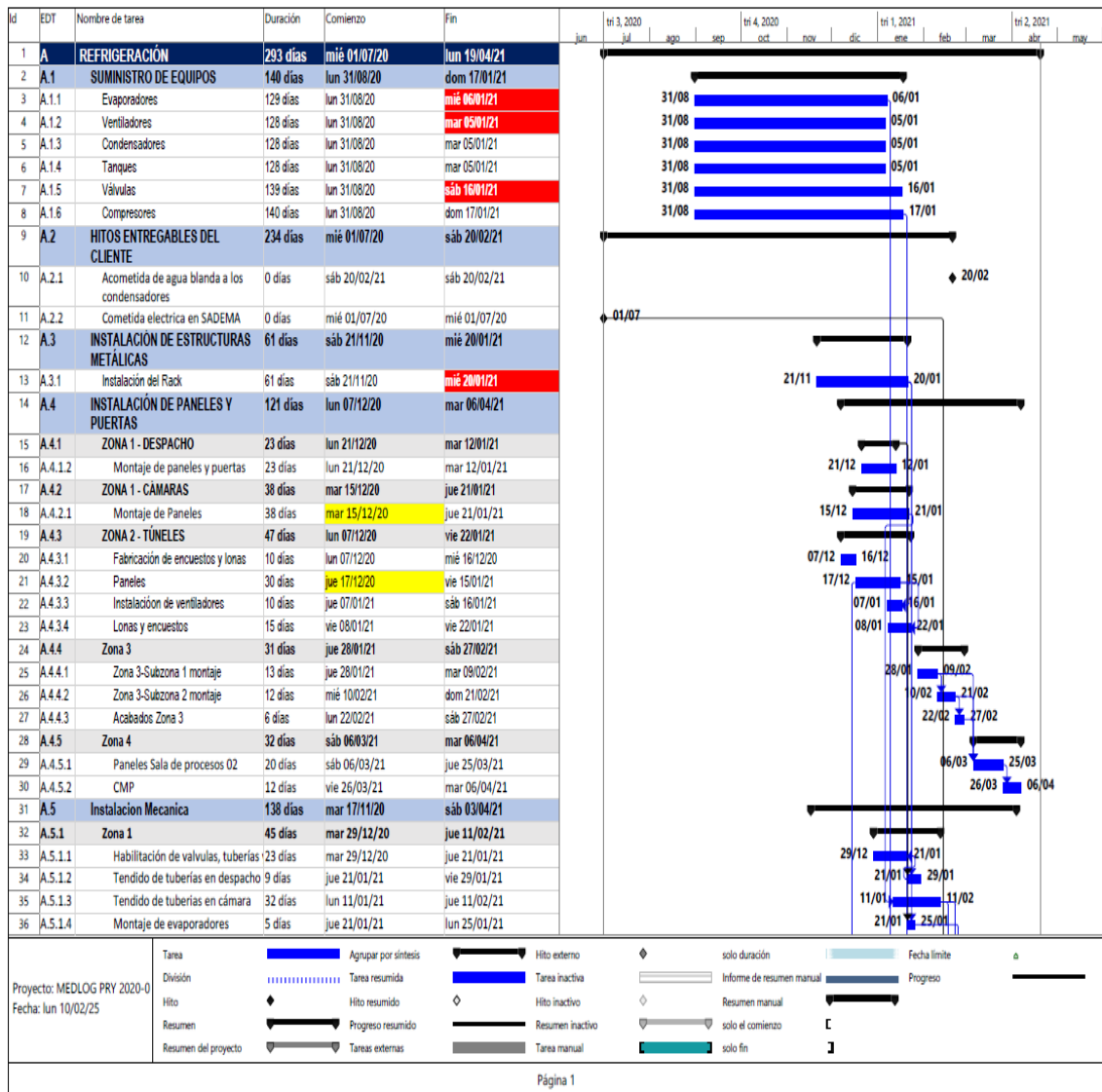
CUADRO DE PRECIOS NRO 2720				
Cliente : MEDLOG PIURA Proyecto : Planta de Proceso de Uva, Palta y Mango - 1era y 2da Etapa Amoniaco y Glicol Ubicación : Piura. Fecha : miércoles, 29 de Julio de 2020				
Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	Inversión Total US\$
1.0	EQUIPOS Y VÁLVULAS	Sist.	1.00	834,818.06
	- Evaporadores THERMOFIN.	sist.	1.00	263,415.76
	- Ventiladores ZIEHL ABEGG O SIMILAR.	sist.	1.00	41,463.75
	- Compresores MYCOM.	sist.	1.00	200,437.65
	- Condensador galvanizado WANXIANG.	sist.	1.00	65,502.50
	- Estanques de NH3 FRIO-RAF.	sist.	1.00	40,762.50
	- Bombas para NH3 WITT.	sist.	1.00	17,460.00
	- Válvulas DANFOSS.	sist.	1.00	205,775.90
2.0	INSTALACIÓN MECÁNICA	Sist.	1.00	229,345.23
3.0	 AISLAMIENTO (ACERO)	Sist.	1.00	77,169.53
4.0	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	Sist.	1.00	118,432.13
5.0	SISTEMA DE ILUMINACIÓN	Sist.	1.00	56,767.80
6.0	PANELES Y PUERTAS	Sist.	1.00	669,757.31
	- Paneles.	sist.	1.00	462,372.41
	- Puertas.	sist.	1.00	134,723.09
	- Mano de obra.	sist.	1.00	60,013.81
	- Gastos generales.	sist.	1.00	12,648.00
7.0	SISTEMA DE LONA TÚNELES	Sist.	1.00	47,137.50
8.0	VACUÓMETROS	Sist.	1.00	3,342.86
9.0	TABLEROS ELÉCTRICOS	Sist.	1.00	197,374.54
	- Tableros de Fuerza y control.	sist.	1.00	192,274.54
	- Mano de obra.	sist.	1.00	5,100.00
10.0	TERMOMETRÍA MAMUT (SÓLO TÚNELES)	Sist.	1.00	28,155.72
	- Suministros de importación.	sist.	1.00	9,991.71
	- Suministros locales e instalación.	sist.	1.00	15,695.21
	- Gastos generales.	sist.	1.00	2,468.80
11.0	PUESTA EN MARCHA	Sist.	1.00	18,000.00
12.0	RACKS Y SOPORTERÍA	Sist.	1.00	396,455.80
	- Racks acumulativo autoportante en Cámaras de PT de 420 posiciones (5 und). Convencional	sist.	5.00	274,629.90
	- Incremental por dejar preparado rack para futuro runner convencional.	sist.	1.00	24,263.92
	- Estructura pórtico para tuberías en Pasillo.	sist.	2.00	49,933.87
	- Soportería para equipos y tuberías de túneles y despacho	sist.	1.00	45,012.00
	- Soportería para tuberías sadema	sist.	1.00	2,616.11
13.0	GASTOS GENERALES	Sist.	1.00	66,350.00
14.0	OTROS	Sist.	1.00	306,316.54
	Inversión Total 1RA ETAPA, en US\$			3,049,423
	Inversión Total 2DA ETAPA CON NH3/GLICOL, en US\$			730,480
	Inversión Total 1RA Y 2DA ETAPA, en US\$			3,779,903
	DESCUENTO ESPECIAL 3.20%, en US\$			121,122
	Inversión Total 1RA Y 2DA ETAPA HN3/GLICOL 2020, en US\$ +IGV			3,658,781.03

Nota. La figura muestra el resumen general de los costos de las partidas de la propuesta económica. Elaboración propia.

Anexo 2

Figura 65

Anexo cronograma de la ejecución del proyecto.

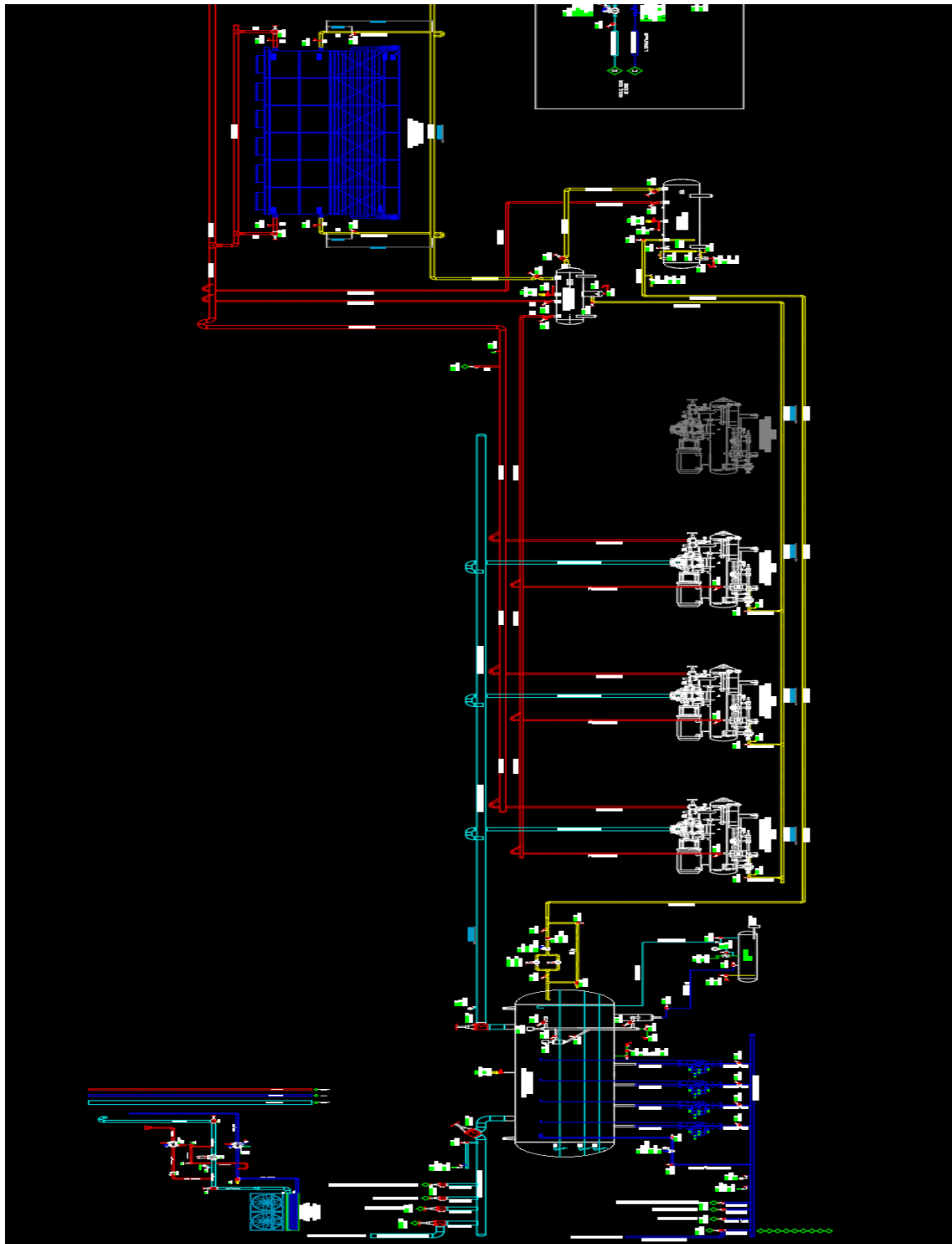


Nota. La figura muestra el cronograma de ejecución de obra y los tiempos de ejecución. Elaboración propia.

Anexo 3

Figura 66

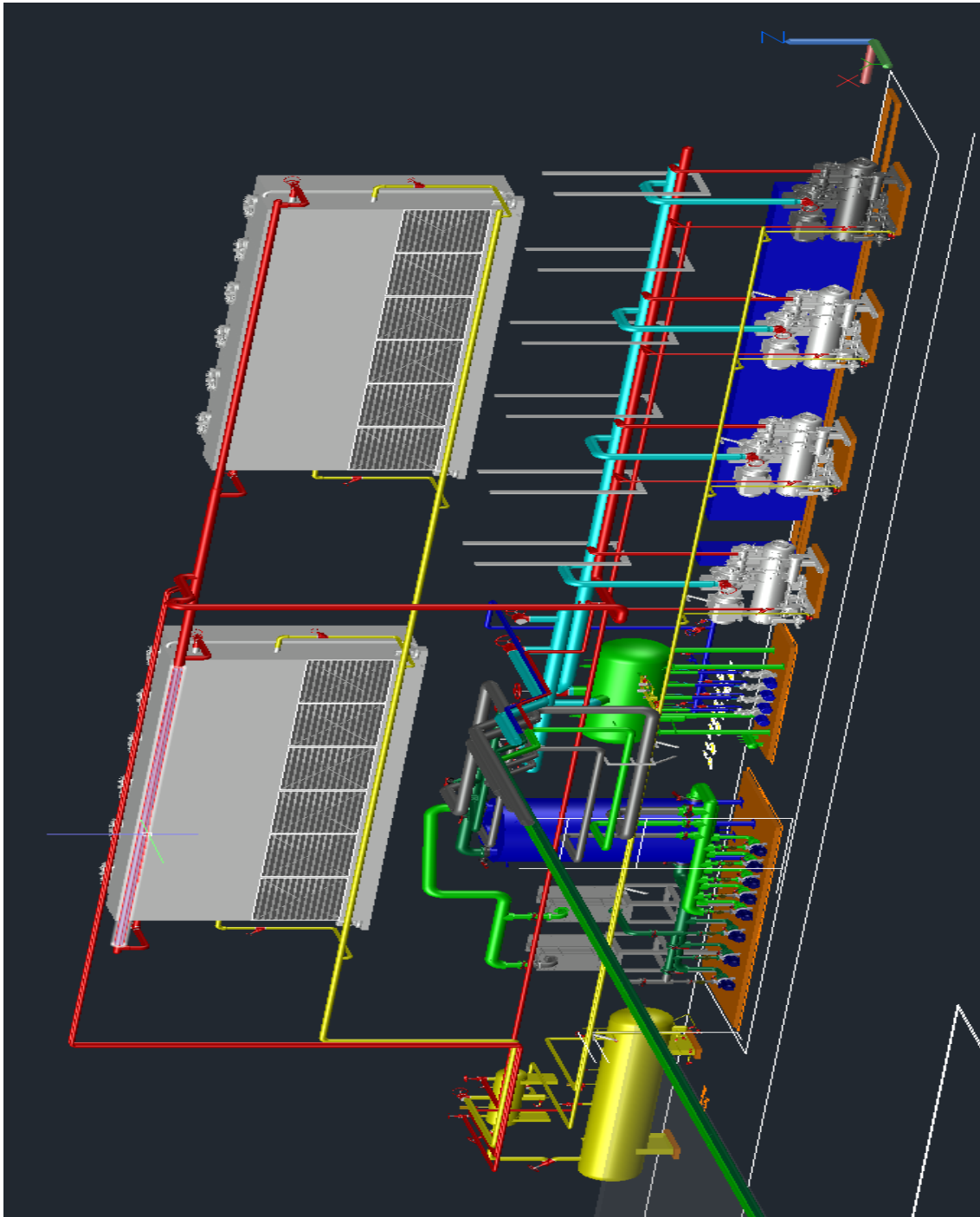
Anexo ingeniería esquema técnico – SADEMA.



Nota. La figura muestra el esquema técnico de SADEMA. Elaboración propia.

Anexo 4**Figura 67**

Anexo ingeniería modelado del esquema técnico.




Nota. La figura muestra el esquema técnico modelado para que el cliente pueda visualizar su planta previo a la construcción. Elaboración propia.

Anexo 6

Figura 68

Anexo acta de inicio de obra.



Fecha 01 / Dic / 2020

ACTA DE REUNIÓN 01

Tema	Avance de Obra		
Persona que convoca a la Reunión	Manuel Flores	Empresa	Piura Futura
Hora de la convocatoria	10:00 am	Tiempo de duración de la reunión	1 hr 30 min

Participante	Empresa	Participante	Empresa	Lugar
Gustavo Miyashiro	Medlog	Luis Vicente Sanchez (LV)	Friopacking	Sala de reuniones - Piura Futura
Manuel Flores	Piura Futura	Juan Ruiz (JR) Alonso Timana (AT)	Brianna SAC	
Heysen Cabanillas (HC) Leyla Celi	Piura Futura	Milton Morales (MM)	Steelser	

Agenda	<ol style="list-style-type: none"> Cuantificar el Avance del Proyecto sobre el Cronograma. Presentación de avance de las empresas contratistas
--------	--

Acuerdos	Responsable	Fecha
1. Vaciado de muro de contención y pedestales en Eje P36	JR y AT	1. 05/12/2020
2. Vaciado de losa en zona 1	JR y AT	2. 03/12/2020
3. Vaciado y compactación de pedestales: <ul style="list-style-type: none"> • Eje PA / P22 • Eje PA / P23 	JR y AT	3. 07/12/2020
4. AT identificara Área 15 y Área 14 de la losa para la ruptura de probetas.	JR y AT	4. 02/12/2020
5. AT entregara informes técnicos de Aditivos colocados en losa. <ul style="list-style-type: none"> • Endurecedor superficial de piso de concreto • Dramix 	JR y AT	5. 03/12/2020
6. Fin de excavación de muro de contención y pedestales: <ul style="list-style-type: none"> • Eje PF 	JR y AT	6. 07/12/2020
7. Pedestales culminados: <ul style="list-style-type: none"> • Eje PF 	JR y AT	7. 20/12/2020
8. Vaciar zapata corrida en muro de contención el que colinda con Emergent Cold.	JR y AT	8. 02/12/2020
9. Muro de contención con relleno culminado el que colinda con Emergent Cold.	JR y AT	9. 10/12/2020
10. JR encontró desniveles de muro de contención colindante con vereda 8, HC lo revisara.	HC	10. 02/12/2020
11. LV Confirma el inicio de llegada de paneles	LV	11. 10/12/2020
12. Fin de llegada de paneles	LV	12. 17/12/2020
13. Descarga y habilitado de paneles - Zona de cámaras	LV	13. 11/12/2020
14. LV empieza los montajes de paneles - Zona de cámaras	LV	14. 12/11/2020
15. Descarga y habilitado de paneles - Zona de túneles	LV	15. 18/12/2020
16. LV empieza los montajes de paneles - Zona de túneles	LV	16. 20/12/2020
17. MM empieza los montajes de columnas - Zona 2	MM	17. 02/12/2020

Próxima Reunión	08/12/2020	Hora de Término de la Reunión	11:30 am
-----------------	------------	-------------------------------	----------

HEYSEN PAUL CABANILLAS TORRES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 227308

[Signature]

STEELSER S.A.C.

Jorge Eugenia Garboza
Supervisor de Montaje
C.I.P 239647

[Signature]

Manuel Flores

Juan Orlando Ruiz Alcedo
ING. CIVIL
CIP. 84417

Nota. En la figura se muestra el Acta de la primera reunión dando el inicio a la ejecución de obra. Tomada de la empresa supervisora y la empresa ejecutora.

Anexo 5

Figura 69

Anexo supervisión gestión de acciones en obra.

FRIE PACKING		PLAN DE ACCION DE OBRA			CÓDIGO	FPK-OP-AC-20.001		
					VERSIÓN	01		
PROYECTO	Packing para Uva, Palta, Mango en NH3 y Glicol				N° PRY	2020-00045		
CLIENTE	MED LOG				UBICACIÓN	Piura		
ELABORADO POR	Dennis Sarabia Abad				FECHA	12	12	2020
REVISADO POR	Vicente Sanchez Mariano				FECHA			
APROBADO POR	Vicente Sanchez Mariano				FECHA			
REVISIÓN (correlativo)	DESCRIPCIÓN (REALIZADA POR)					FECHA (de la revisión)		
	Alineamiento a la Gestion del Proyecto							
Acciones por Frente de Trabajo								
1. Racks				2. Paneles				
1, Inicio de Montaje en 2 Cuadrillas, inicios en el eje P26 al P33, para dar pie a los paneleros a aplomar paredes colindantes a los tuneles y avanzar ambos frentes (Camara y Tuneles)				1, Uso de Elevadores Para el Montaje de Paredes Altas y Techos (2 Cuadrillas Asignadas 1 a Camara y la 2 a Tuneles)				
1. Tuberias				2. Interior de Tuneles				
1, Ingreso Previo de la Contratista de tuberias a Cortar y soldar Troncales, manifold y Paquetes de Valvulas, hasta que Steelser libere los soportes de Tuberia y Equipos				1, Fabricacion del sistema de lonas, en paralelo al montaje de Paneles.				
1. Otros				2. Aislamiento				
1, Extender Horarios, Dividir los Frentes de Trabajo.				1, Fabricar el enchaquetado y montar sin inyectar, para reducir el tiempo de aislamiento de la tuberia.				
FIRMA COORDINADOR DE PROYECTOS			FIRMA SUPERVISOR DE PROYECTOS			FIRMA JEFE DEL PROYECTO		

Nota. En el siguiente formato se muestra los planes de acción tomados en obra diario, semanal o acciones críticas, con el fin de alinear al equipo ejecutor y tener un histórico de buenas prácticas y/o lecciones aprendidas. Elaboración propia.

Anexo 6

Figura 70

Anexo informes de eventos críticos a proveedores.

Planta de Refrigeración para Procesamiento de Fruta Fresca

Cliente : MEDLOG PIURA S.A
 Ubicación : Piura - Piura
 Supervisor : Ing. Luis Vicente Sánchez Mariano
 Motivo : Mariano Garantía
 :

- DESCRIPCIÓN GENERAL

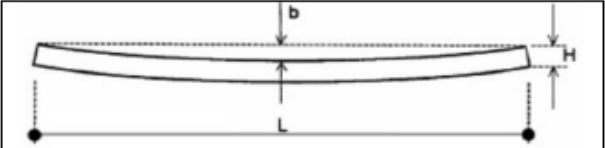
1.-OBJETIVO
 Informar sobre la falla producida en la fabricación de Paneles pol 150mm

2.-DESCRIPCION

2.1. Demostrar el pandeo que tienen el primer lote de fabricación de paneles, que ya se encuentran en obra.
 2.2. Aplicar garantía y de ser necesario que el proveedor realice el cambio de paneles.
 2.3. Tomas Acciones inmediatas, ya que nos esta retrasando el avance de montaje.

3.-NOTA

3.1. Aplicar la Norma, de tolerancia 10mm en pandeo de paneles de larga longitud



3.2. Combado. Se uso cuerda de nylon para materializar una línea recta en los extremos del panel y tomar medidas en los puntos críticos del pandeo.

4.-RESUMEN Y CANTIDADES

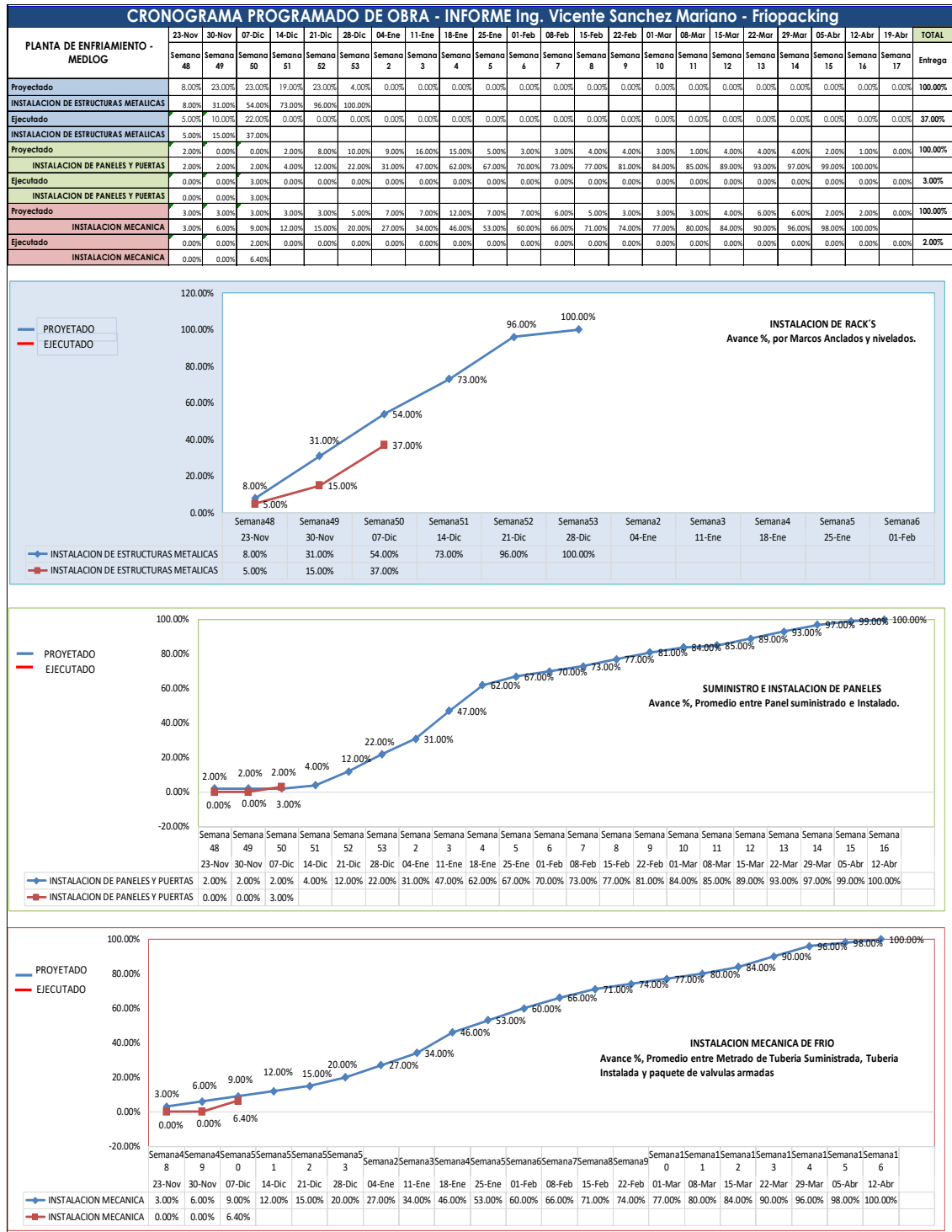
PANEL POL 150 – CAMARAS DE PT. MEDLOG		
Longitud	11.41	11.90
Combado, Promedio	1.5mm	1.8mm
Cantidades Paneles	3	11
Total de Cambio por Garantía	14 Paneles pol 150mm	

Nota. En la figura se muestra el formato en el cual se envía a los proveedores o contratistas eventos o situaciones críticas que puedan afectar el diseño, construcción y montaje de la misma.

Anexo 7

Figura 71

Anexo informes avance de obra e indicadores.



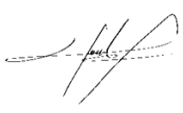

Nota. En la figura se muestra los reportes creados para la gestión de avance y planificación de obra. Elaboración propia.

Anexo 8

Figura 72

Anexo gestión económica del proyecto.

RESUMEN DE VALORIZACIÓN N° 4											
(Del 16/03/2021 AL 17/08/2021)											
OBRA		: Planta de Proceso de Uva, Palta y Mango - 1era y 2da Etapa Amoniaco y Glicol							C. COSTO		: PRY2020-045
CONTRATANTE		: MEDLOG PIURA							OS		: -
CONTRATISTA		: FRIOPACKING SAC							FECHA		: 10/02/2025
SUP. DE OBRA		: Luis Vicente Sanchez Mariano / Juan Jose Montero Flores									
ITEM	VALORIZACION	MONTO CONTRACTUAL	ANTERIOR		VALORIZACION N° 04		ACUMULADO		SALDO POR VALORIZAR		
			%	TOTAL	%	TOTAL	%	TOTAL	%	TOTAL	
01	SUB TOTAL	3,651,650.01	82.39%	3,008,529.36	17.61%	643,120.69	100.00%	3,651,650.05	0.00%	-	
02	ADELANTO 15%	547,747.50		451,279.40		96,468.10		547,747.51		-	
03	ADELANTO BL (50%)	254,708.35		209,849.67		44,858.68		254,708.35		-	
05	TOTAL A FACTURAR	2,849,194.16	82.39%	2,347,400.28	17.61%	501,793.91	100.00%	2,849,194.190	0.00%	-	
06	IGV (18%)	512,854.95		422,532.05		90,322.90		512,854.95		-	
07	TOTAL NETO VALORIZADO (inc. IGV)	3,362,049.10	82.39%	2,769,932.33	17.61%	592,116.81	100.00%	3,362,049.14	0.00%	-	

 <hr style="width: 100%;"/> <p>Luis Vicente Sanchez SUPERVISOR FRIOPACKING</p>	 <hr style="width: 100%;"/> <p>Manuel Flores RESIDENTE DE PROYECTO</p>
--	--

Nota. En la figura se muestra el cuadro de valorización para la emisión de la factura y el abono de acuerdo al % de avance valorizado.

Anexo 9

Figura 73

Anexo gestión de cierre - información técnica del proyecto.



GRUPO FRIOPACKING		iiar®		Cod:	Ing. Vicente Sanchez M.
				Fecha:	martes, 22 de Junio de 2021
INFORME TECNICO DESCRIPTIVO DE ENTREGA DE PLANTA - MEDLOG PIURA S.A.C					
DESCRIPCIÓN GENERAL: Compresor de Tornillo					
1. Característica y Detalles del Compresor					
Marca	FRICK	Modelo	RWF II 134	SGC-1918	
Potencia	260 Kw	Serie Compresor 1	11552H06249315		
Potencia	260 Kw	Serie Compresor 2	11552F05171791		
Potencia	260 Kw	Serie Compresor 3	11552F05201219		
Cantidad Aceite	208 L	Max RPM	4500		
2. Mediciones y parámetros de funcionamiento					
Detalles	Compresor 1	Compresor 2	Compresor 3		
Función	Maestro	Esclavo	Esclavo		
Presión de Succión	3.42 bar	2.43 bar	2.96 bar		
Temperatura de succión	11.5° C	9.5° C	2.8° C		
Sobrecalentamiento	10.6° K	3.9° K	4.9° K		
Presión de Descarga	10.74 bar	11.87 Bar	11.81° bar		
Temperatura de Descarga	71.2° C	74.1° C	70.8° C		
Presión de Aceite	10.18 bar	11.14 bar	10.94 bar		
Temperatura de Aceite	52.9° C	53.5° C	52° C		
Diferencial de Filtros	0.17 bar	0.18 bar	0.16 bar		
T° Separador de Aceite	46.3° C	66.1° C	61.4° C		
Capacidad de Deslizamiento	100%	100%	57%		
Velocidad Trabajando	3590 Rpm	3450 Rpm	3002 Rpm		
Amperaje de Motor	256 A	216 A	183 A		
Tipo de Arranque	Con Variador	Directo	Directo		
T° Motor eje Lateral	29.4° C	51.4° C	41.7° C		
T° Motor eje Lateral opuesto	27.1° C	45.5° C	48.6° C		
Vibración Succión	0.156 gf	0.096 gf	0.158 gf		
Vibración Descarga	0.211 gf	0.202 gf	0.228 gf		
T° Estator 1	27.8° C	44.8° C	44.8° C		
T° Estator 2	30.9° C	44.6° C	47.9° C		
T° Estator 3	30.2° C	43.1° C	46.3° C		
FLA del Motor	63.2%	53.3%	42.9%		
Kw Est. Motor	172 Kw	145 Kw	117 Kw		

Nota. En la figura se muestra el informe técnico descriptivo para el archivo del dossier de obra y la recepción de la misma. Elaboración propia.

Anexo 10

Figura 74

Anexo gestión de cierre - Primera página del plan de mantenimiento elaborado.

 	
<u>MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS.</u>	
1.1 <u>Compresor de tornillo FRICK RWF II 119 SS</u>	
• Cantidad	: 3
• Descripción	: Compresor de Tornillos
• Marca	: FRICK
• Modelo	: RWFII 119 SS
• Refrigerante	: R717
• Temp. Evaporación	: -10 °C
• Temp. Condensación	: +35 °C
• Capacidad	: 750.3 KW
• N motor	: 4150 rpm
• Potencia consumida	: 204.4 Kw
• Potencia del motor	: 224 KW (300 HP)
• Protección del <u>Motor</u> (IP)	: 55
• Tensión de Fuerza	: 460 V / 3F / 60hz
• Cantidad de aceite	: 189 l.
• Dimensiones	: 3528mm x 1878mm x 2098mm


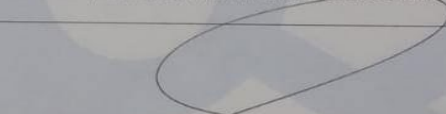
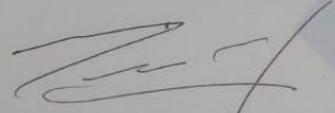
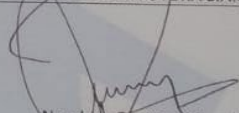
Trabajos a realizar	HORAS DE TRABAJO				
	200	500	2500	10000	30000
Limpiar el filtro de succión principal.	X				
Cambiar el aceite si se encuentra descolorido.	X				
Limpiar o cambiar el filtro de aceite.	X				
Controlar el alineamiento del manchón.	X				
Ajustar a fondo todos los bulones y tuercas del set.	X				
Limpiar el filtro de succión.		X			
Cambiar el aceite.		X			
Limpiar o cambiar los filtros de aceite.		X			
Controlar el alineamiento del manchón.		X			
Limpiar filtro de succión.			X		
Cambiar el aceite si está descolorido.			X		
Cambiar o limpiar los dos filtros de aceite.			X		
Controlar el alineamiento del manchón.			X		
Controlar los instrumentos de presión y temperatura.			X		
Controlar vibraciones de compresor y motor eléctrico.			X		
Limpiar filtro de succión.				X	
Cambiar el aceite.				X	
Limpiar o cambiar los dos filtros de aceite.				X	
Controlar el alineamiento del manchón.				X	
Controlar los instrumentos de presión y temperatura.				X	
Revisar vibraciones y desgaste de cojinetes y rodamientos.				X	
Revisar completamente el compresor, cambiando todas las juntas. Inspeccionar el estado de los rodamientos y cojinetes.					X

Nota. La figura nos muestra parte de los trabajos a realizar de acuerdo al diseño del plan de mantenimiento. Elaboración propia.

Anexo 11

Figura 75

Anexo recepción de obra culminada.

ACTA DE ENTREGA DE OBRA	
OBRA: Planta de Refrigeración para Procesamiento de Frutas Frescas	
CLIENTE:	Medlog Piura S.A.C
CONTRATISTA:	Friopacking S.A.C
JEFE DE PROYECTO- Medlog:	Ing. Manuel Flores
SUPERVISOR DE PROYECTO - Friopacking	Ing. Vicente Sanchez Mariano
MONTO CONTRATADO (SIN I.G.V):	
INSTALACION DE SISTEMA DE FRIO:	US\$. 3,651,650.01
ORDEN DE SERVICIO:	
DETALLES	
<p>SIENDO LAS 11:30 Hrs DEL DÍA 19 DE Agosto DEL 2021, SE HICIERON PRESENTES EN EL LUGAR DE OBRA: PROYECTO Planta de Refrigeración para Procesamiento de Frutas Frescas, LOS REPRESENTANTES DE:</p> <p>*POR PARTE DE MEDLOG PIURA S.AC ING. Manuel Flores ING. Gustavo Miyashiro</p> <p>*POR PARTE DEL PROVEEDOR DEL SERVICIO: ING. VICENTE SANCHEZ MARIANO ING. DENNIS SARABIA ABAD</p> <p>CON LA FINALIDAD DE PROCEDER A LA RECEPCIÓN DE OBRA</p>	
OBSERVACIONES Y/O COMENTARIOS	
<p>EL SUPERVISOR DE OBRA, TENIENDO EL PRESUPUESTO RESPECTIVO PROCEDÍO A REALIZAR UNA INSPECCIÓN OCULAR DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS DE CONFORMIDAD CON EL PRESUPUESTO CON CARGO A REGULARIZAR LOS PAGOS. LUEGO DE VERIFICAR TODAS LAS PARTIDAS EJECUTADAS Y SU CUMPLIMIENTO EL CLIENTE DIO POR RECEPCIONADA LA OBRA. EL CLIENTE Y EL CONTRATISTA DESPUÉS DE CUMPLIR CON EL OBJETIVO DE LA RECEPCIÓN, FIRMAN LA PRESENTE ACTA EN SIGNO DE FE Y CONFORMIDAD EN ORIGINAL Y DOS COPIAS.</p>	
 NOMBRE: Vicente Sanchez Mariano CARGO: Supervisor de Proyectos Por FRIOPACKING S.A.C	 NOMBRE: Manuel Flores CARGO: jefe de Proyectos Por PIURA FUTURA S.A.C
 Nombre: Misael Estrada Jimenez CARGO: Área Comercial	 Nombre: Gustavo Miyashiro CARGO: Gerente de Planta - Medlog.
<p>Carretera Panamericana Sur Km. 298 – Subtanjalla – Ica Telf. :(56) – 258123</p> <p>www.friopacking.pe</p>	

Nota. La figura muestra el acta de recepción de obra del proyecto ejecutado después de realizar las pruebas, mediciones y levantamiento de observaciones correspondientes. Elaboración propia.

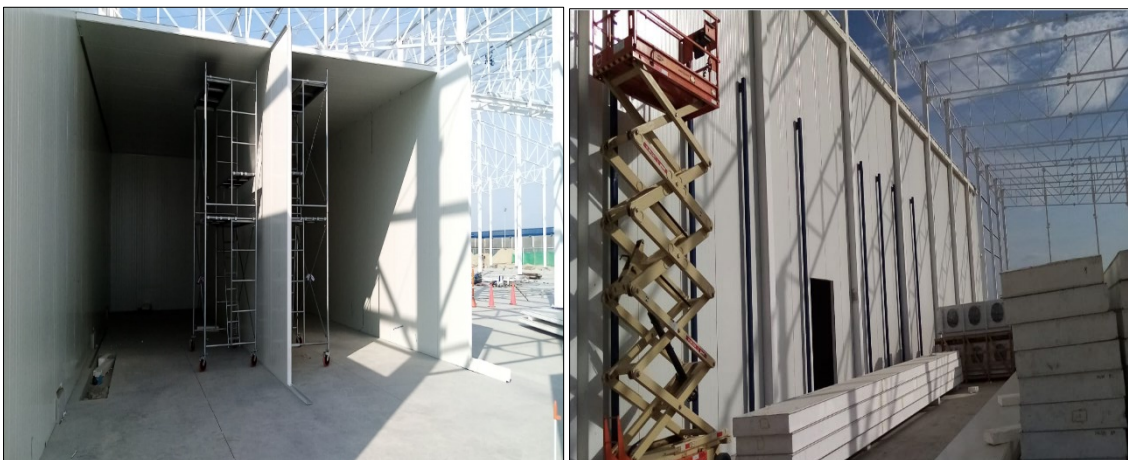
4.5. Evidencias Panel Fotográfico por Ciclos del Proyecto.



Evidencia 1 Armado de marcos y arriostras



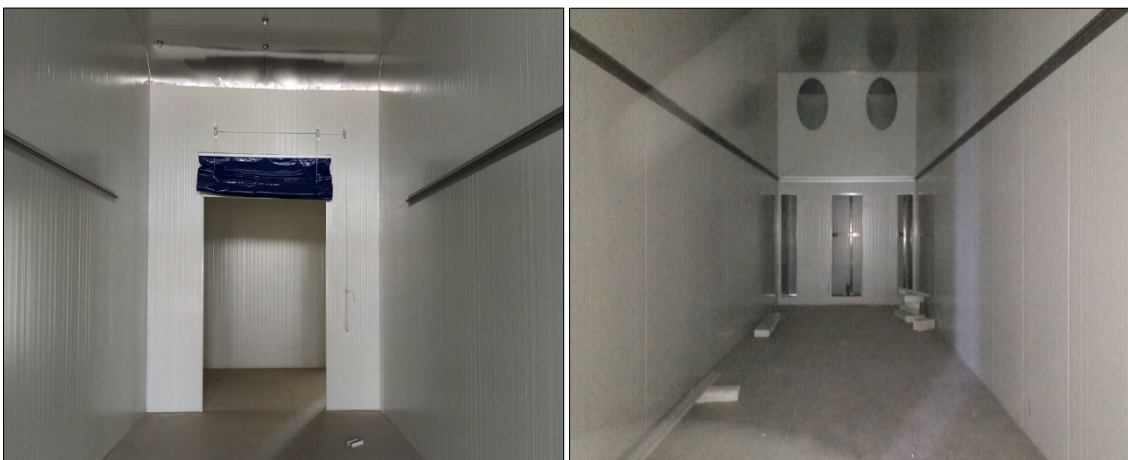
Evidencia 2 Armado de racks y liberación topográfica del alineamiento vertical y horizontal.



Evidencia 3 Montaje de paneles de pared y techo.

Panel Fotográfico.

Evidencia 4 Montaje de paneles de pared y techo - Verificación del alineamiento.



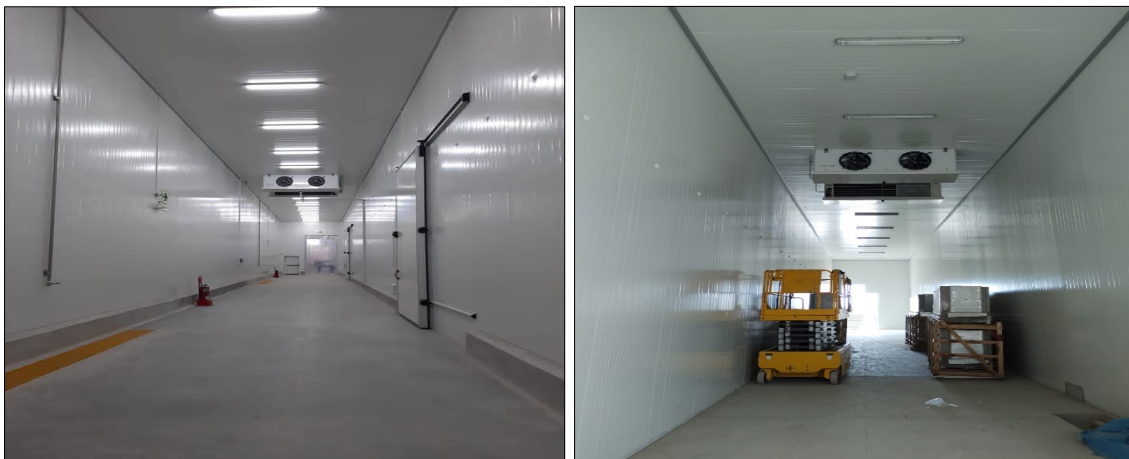
Evidencia 5 Montaje de panel en los interiores de los túneles.

Panel Fotográfico.

Evidencia 6 Verificación de pandeo de panel y montaje de cerramiento de cámaras.



Evidencia 7 Acabados interiores en cámaras y túneles.

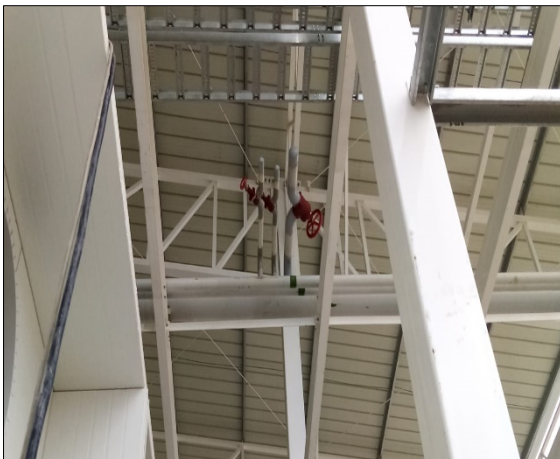
Panel Fotográfico.

Evidencia 8 Montaje de evaporadores



Evidencia 9 Armado de troncales, soldado de válvulas de seccionamiento y pruebas de tintes de penetración.

Panel Fotográfico



Evidencia 10 Armado de troncales, seccionamiento de líneas y armado de paquete de válvulas.



Evidencia 11 Montaje de tanques y compresores.

Panel Fotográfico



Evidencia 12 Montaje de condensador evaporativo



Evidencia 13 Izaje y montaje de tableros eléctricos.

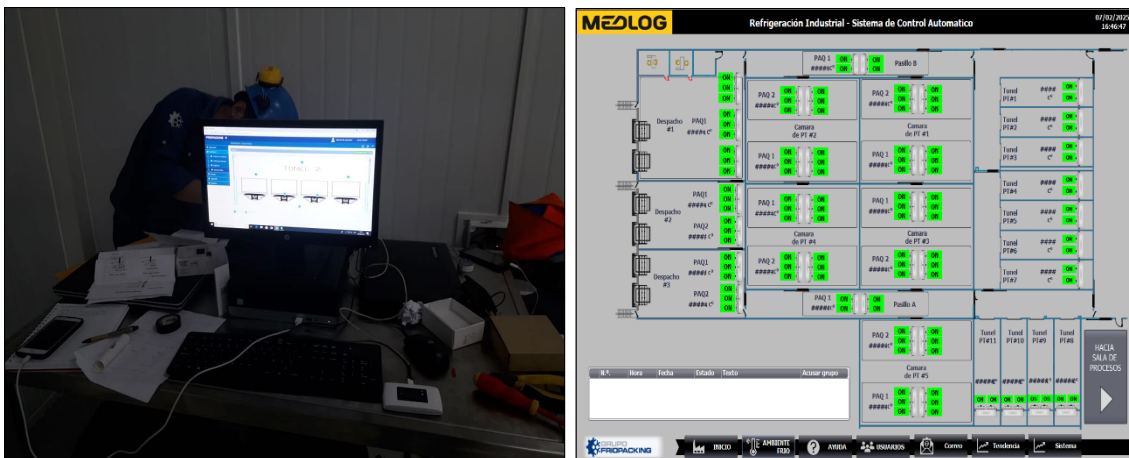


Evidencia 14 Presurizado del sistema con nitrógeno y aislamiento y encaquetado de los paquetes de válvulas.

Panel Fotográfico



Evidencia 15 Regulación de válvulas y encendido del compresor.



Evidencia 16 Pruebas en la termometría y HMI de la planta encendida.



Evidencia 17 Cámaras encendidas y enfriando.

Panel Fotográfico

Evidencia 18 Fotos finales de la planta en funcionamiento.

4.6. Fuentes de Consultas.

The international institute of all-natural refrigeration. (2025) Revisión de las Normas https://www.iiar.org/IIAR/IIAR/Technology_and_Standards/Standards_Review.aspx?hkey=8e380d26-e00d-4878-9ed0-fe5b3f44b4b6.

Ammonia Refrigeration Piping Handbook – iiar (2019). Traducción al Español, Actualización de las Versiones (2004-2012-2014).

ASHRAE Handbook (1997), Sociedad Estadunidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado.

ASHRAE Handbook (2022), Sociedad Estadunidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado.

International Institute of Ammonia Refrigeration. (2018). Manual de Refrigeración con Dióxido de Carbono.

Ammonia NH₃ and CO₂ Application industrial refrigeration. (2022). Application handbook for Danfoss Climate Solutions.

Roy J. Dossat. Principios de Refrigeración. (1999).

Resolución Directoral N°01009-2024-PRODUCE/DGAAMI. (2024). Calendario de eliminación gradual de los HCFC.

Guía de Uso y Manejo de Amoniaco en la Refrigeración. (2012). ASOEX, Asociación de Exportadores de Frutas de Chile.

Acondicionamiento térmico de edificios. (2005). Victorio Santiago Días y Raúl Oscar Barreneche – 1ª ed.- Buenos Aires – Argentina.