

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



**“SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE  
COMPRESORES TIPO TORNILLO  
LUBRICADO PARA IMPLEMENTAR EL  
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON  
AMONÍACO EN LA CERVECERÍA BACKUS-  
CUSCO”**

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

**Bachiller: LUIS ANGEL TOVAR MEDINA**

**Callao, Noviembre 2019  
PERU**

# ÍNDICE

<b>I. ASPECTOS GENERALES</b> .....	8
<b>1.1. Objetivos</b> .....	9
<b>1.1.1. Objetivo general</b> .....	9
<b>1.1.2. Objetivos específicos</b> .....	9
<b>1.2. Organización de la empresa o institución</b> .....	9
<b>1.2.1. Antecedentes históricos</b> .....	9
<b>1.2.2. Filosofía Empresarial</b> .....	12
<b>1.2.2.1. Misión</b> .....	12
<b>1.2.2.2. Visión</b> .....	12
<b>1.2.3. Estructura Organizacional</b> .....	12
<b>II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERENCIA LABORAL</b> .....	15
<b>2.1. Marco Teórico</b> .....	15
<b>2.1.1. Bases Teóricas</b> .....	15
<b>2.1.1.1. Capacidad térmica</b> .....	15
<b>2.1.1.2. Selección de equipos</b> .....	15
<b>2.1.1.2.1. Compresores de tornillo</b> .....	15
<b>2.1.1.2.2. Compresores de tornillo</b> .....	15
<b>2.1.1.2.3. Tanques de recirculación de baja presión</b> .....	16
<b>2.1.1.2.4. Bombas de amoniaco para unidad recirculadora</b> .....	16
<b>2.1.1.2.5. Válvulas</b> .....	18
<b>2.1.1.2.6. Tuberías y accesorios</b> .....	18
<b>2.1.1.3. Instalación del sistema de refrigeración</b> .....	18
<b>2.1.1.4. Aislamiento térmico</b> .....	19
<b>2.1.1.5. Control de calidad de la instalación</b> .....	19
<b>2.1.2. Aspectos Normativos</b> .....	20
<b>2.1.3. Simbología técnica</b> .....	21
<b>2.2. Descripción de las actividades desarrolladas</b> .....	24
<b>2.2.1. Etapas de las actividades</b> .....	24

2.2.1.1.	Elaboración de la ingeniería del proyecto .....	24
2.2.1.2.	Selección de equipos .....	28
2.2.1.3.	Suministro de equipos .....	52
2.2.1.4.	Montaje mecánico .....	52
2.2.1.5.	Aislamiento Térmico de tuberías.....	53
2.2.1.6.	Puesta en marcha del sistema .....	54
2.2.2.	Diagrama de flujo .....	57
2.2.3.	Cronograma de actividades .....	58
III.	<b>APORTES REALIZADOS.....</b>	<b>59</b>
3.1.	Planificación, ejecución y control de las etapas .....	59
3.2.	Evaluación Técnico-Económica .....	61
3.3.	Análisis de resultados.....	62
3.3.1.	Compresor de amoníaco .....	62
3.3.2.	Tanque de bombeo vertical.....	64
3.3.3.	Tanque de purga de aceite para tanque de recirculación vertical ....	64
3.3.4.	Tanque de purga de aceite para tanque de recirculación horizontal	64
3.3.5.	Bombas de amoniaco herméticas.....	64
3.3.6.	Tanque termorecibidor vertical.....	65
3.3.7.	Purgador de aire.....	65
3.3.8.	Purgador de agua.....	65
3.3.9.	Válvulas y tuberías .....	66
IV.	<b>DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>69</b>
4.1.	Discusión.....	69
4.2.	Conclusiones.....	69
V.	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>71</b>
VI.	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>72</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>74</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA Nº2.1: DIAGRAMA DE FLUJO DE SALA DE MAQUINAS.....	25
FIGURA Nº2.2: DIAGRAMA DE FLUJO DE USUARIOS.....	26
FIGURA Nº2.3: ESQUEMA TÉCNICO DEL TANQUE DE BOMBEO .....	32
FIGURA Nº2.4: INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HERMETIC.....	33
FIGURA Nº2.5: ESQUEMA TÉCNICO DEL TANQUE TERMORECIBIDOR FRICK.....	36
FIGURA Nº2.6: SOFTWARE COOLSELECTOR SELECCIÓN DE VÁLVULAS EN LÍNEA DE SUCCION SECA.....	37
FIGURA Nº2.7: SOFTWARE COOLSELECTOR SELECCIÓN DE VÁLVULAS EN LÍNEA DE DESCARGA.....	38
FIGURA Nº2.8: CAPACIDADES PARA ENFRIAMIENTO DE ACEITE.....	39
FIGURA Nº2.9: SOFTWARE COOLSELECTOR SELECCIÓN DE VÁLVULAS EN LÍNEA DE SUCCIÓN HÚMEDA DEL TANQUE DE RECIRCULACIÓN.....	42
FIGURA Nº2.10: SOFTWARE COOLSELECTOR SELECCIÓN DE VÁLVULAS EN LÍNEA DE SUCCIÓN SECA DEL TANQUE DE RECIRCULACIÓN.....	43
FIGURA Nº2.11: SOFTWARE COOLSELECTOR SELECCIÓN DE VÁLVULAS EN LÍNEA DE DESCARGA DE LA BOMBA DEL TANQUE DE RECIRCULACIÓN.....	43
FIGURA Nº2.12: SOFTWARE COOLSELECTOR SELECCIÓN DE VÁLVULAS EN LÍNEA DE ALIMENTACIÓN DE LÍQUIDO AL TANQUE DE RECIRCULACIÓN.....	44

FIGURA Nº2.13: SOFTWARE COOLSELECTOR SELECCIÓN DE VÁLVULAS DE SEGURIDAD PARA EL TANQUE DE RECIRCULACIÓN.....	44
FIGURA Nº2.14: CONTROLADOR DE CONTACTO SECO AKS 38.....	45
FIGURA Nº2.15: CONTROLADOR DE NIVEL ELECTRÓNICO AKS 4100.....	46
FIGURA Nº2.16: SOFTWARE COOLSELECTOR, SELECCIÓN DE VÁLVULAS PARA INGRESO DE AMONIACO AL CONDENSADOR.....	49
FIGURA Nº2.17: SOFTWARE COOLSELECTOR, SELECCIÓN DE VÁLVULAS PARA SALIDA DE AMONIACO DEL CONDENSADOR.....	49
FIGURA Nº3.1: PANEL MICROPROCESADOR MYPRO TOUCH.....	63

## LISTA DE TABLAS

TABLA N°2.1: RAZÓN DE RECIRCULACIÓN EN EL EVAPORADOR.....	17
TABLA N°2.2: SIMBOLOGIA TECNICA DE VALVULAS.....	21
TABLA N°2.3: SIMBOLOGIA TECNICA DE ACCESORIOS DE CONEXIÓN.....	22
TABLA N°2.4: SIMBOLOGIA TECNICA DE DISPOSITIVOS DE CONTROL.....	23
TABLA N°2.5: CARGAS TERMICAS DEL SISTEMA ACTUAL.....	27
TABLA N°2.6: MODELO DE COMPRESORES.....	28
TABLA N°2.7: CARGAS TERMICAS DEL SISTEMA FUTURA INSTALACION DEL COMPRESOR.....	29
TABLA N°2.8: MODELOS DE TANQUES PHILLIPS.....	30
TABLA N°2.9: DIMENSIONES DE LOS MODELOS DE TANQUES PHILLIPS.....	31
TABLA N°2.10: DIMENSIONES DE LOS MODELOS DE TANQUES FRICK.....	35
TABLA N°2.11: TABLA DE MODELOS Y CONEXIONES DE VÁLVULA.....	40
TABLA N°2.12: TABLA DE CÓDIGO DE VÁLVULAS, CALIBRE 80.....	40
TABLA N°2.13: TABLA DE CÓDIGO DE VÁLVULAS, CALIBRE 40.....	41
TABLA N°2.14: DIMENSIÓN DE CONEXIONES SEGÚN EL MODELO DEL TAQUE TERMORECIBIDOR.....	47
TABLA N°2.15: DIÁMETRO DE TUBERÍAS PARA DESCARGA DE COMPRESOR.....	51

TABLA Nº2.16: DIÁMETRO DE TUBERÍAS PARA LIQUIDO DE ALTA PRESIÓN.....	51
TABLA Nº2.17: ESPESORES DE AISLAMIENTO PARA DIFERENTES DIÁMETROS DE TUBERÍAS.....	54
TABLA Nº3.1: COSTOS DE LOS EQUIPOS Y MANO DE OBRA A SUMINISTRAR.....	61
TABLA Nº3.2: LISTADO DE VALVULAS PARA LA ETAPA 1.....	66
TABLA Nº3.3: LISTADO DE VALVULAS PARA LA ETAPA 2.....	67

## **I. ASPECTOS GENERALES**

La refrigeración con amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), además de ser un refrigerante natural, tiene muy buenas propiedades térmicas, pero su uso es mucho más habitual principalmente por la entrada en vigor de la normativa europea F-Gas 517/2014, del 1 de enero de 2015, la cual plantea la progresiva reducción de emisiones mediante el control de uso de los gases fluorados de efecto invernadero, los cuales antes del año 2030 deben irse sustituyendo por otro tipo de gases de menor PCA (Potencial de Calentamiento Atmosférico, en inglés GWP) y de uso fiable y contrastado como es el caso del amoníaco o el dióxido de carbono.

La planta del Cusco cuenta con una sala de máquinas de compresores con pistón seco, la cual atiende la demanda de refrigeración a dos zonas separadas. La primera es la zona de fermentación, maduración y la otra zona es la filtración, debido a la antigüedad de los compresores y dificultad para el mantenimiento se requiere cambiar los compresores de pistón seco a compresores de tipo tornillo, además se reutilizarán los equipos necesarios para no afectar el sistema de refrigeración con amoníaco durante las interconexiones de los compresores de tipo tornillo.

Finalmente, el amoníaco es el refrigerante con mayor calor latente de vaporización, que es su gran ventaja competitiva.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Seleccionar e instalar compresores tipo tornillo autolubricado para implementarlos al sistema de refrigeración con amoníaco en la cervecería Backus – Cusco.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

Seleccionar los compresores tipo tornillo autolubricado.

Seleccionar los equipos de almacenamiento y recirculación de amoníaco.

Seleccionar las tuberías para la implementación de los compresores de tornillo al sistema de amoníaco.

Seleccionar las válvulas y el sistema de control para la seguridad de la instalación.

Instalar los compresores tipo tornillos, los equipos de almacenamiento y recirculación.

Controlar la puesta en marcha de la instalación.

## **1.2. Organización de la empresa o institución**

### **1.2.1. Antecedentes históricos**

Inycon Peru S.A.C. identificada con ruc 20516797682 y ubicada en Calle. Melitón Carbajal 122 Piso 01 La Molina, Lima 12, es una empresa dedicada a brindar servicios y soluciones para optimizar la eficiencia energética y

operacional en plantas industriales del sector agroindustrial, lácteo, pesquero, etc., siendo socios fundadores de IIAR Perú.

Inycon Peru S.A.C. desarrolla la Ingeniería, consultoría y montaje de un sistema de refrigeración industrial para la implementación de Cámara de congelados o frescos, túneles de enfriamiento o congelamiento y sistema de enfriamiento con agua.

Presentado como antecedente el desarrollo de los siguientes trabajos:

- 2018 CORPORACION RICO S.A.

Implementación de una cámara de congelados de 900 posiciones.

Instalación de un compresor tipo tornillo y condensador evaporativo para el sistema de refrigeración con amoniaco.

- 2016 CORPORACION RICO S.A.

Implementación de una cámara de congelados de 800 posiciones con su respectiva precámara de embarque.

- 2015 INEMA PERU

Desarrollo de la lógica de control del PLC Y SCADA.

Armado y suministro de tableros de fuerza y control para un sistema de refrigeración de un centro logístico.

- 2015 CAMPOSOL S.A.

Cambio de tanque receptor de líquido y unidad recirculadora para el sistema de enfriamiento de -40°C.

Reemplazo de paneles de techo de 02 cámaras de congelados y 02 cámaras de frescos.

2015 NESTLÈ PERU

Montaje de tubería de líquido a baja presión y reubicación de compresores tipo tornillo y pistón, en sala de máquinas de la planta de helados.

2015 NESTLÈ PERÙ

Actualización del diagrama P&D de los sistemas de refrigeración de la cámara de almacenamiento de helado, túnel de congelamiento, planta de helados y sistema de enfriamiento de la planta de lácteos, donde se incluye el balance de cargas térmicas e identificación de válvulas.

2014 PERÙ PEZ

Ingeniería y supervisión de la implementación de la ampliación de la planta de congelados e ingeniería para mejoras del sistema de refrigeración.

2014 CAMPOSOL

Implementación de un túnel de congelamiento de guacamole.

Instalación de un sistema de enfriamiento de glicol para enfriar guacamole.

Suministro e instalación de un compresor de amoníaco de 800 000 kcal/h.

Debido a una buena relación comercial con nuestros proveedores realizamos la importación y venta directa de equipos y accesorios principales para un sistema de refrigeración de marcas reconocidas como Danfoss, Colmaccoil, Frick, Thermofin, Isotherm y Parker.

## **1.2.2. Filosofía Empresarial**

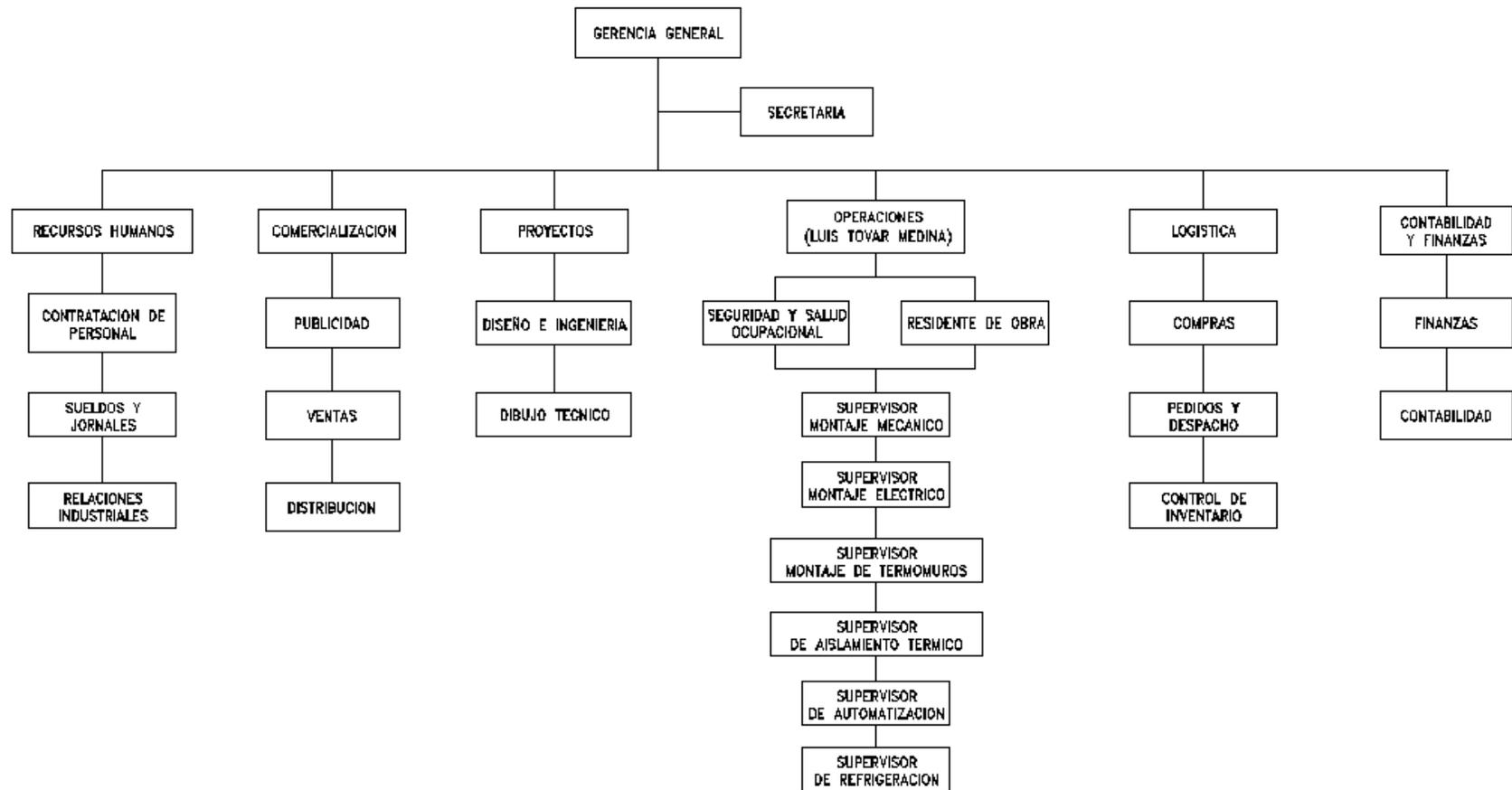
### **1.2.2.1. Misión**

Inycon Perú S.A.C es una empresa dedicada a brindar servicios y soluciones para optimizar la eficiencia energética y operacional en plantas industriales del sector agroindustrial, lácteo y pesquero siendo además socios fundadores de IIAR - Perú.

### **1.2.2.2. Visión**

La estrategia de crecimiento se basa en ayudar a que nuestros clientes sean exitosos, demostrando altos niveles de calidad en los servicios que brindamos, logrando con esto un compromiso garantizable a largo plazo con cada uno de ellos.

## **1.2.3. Estructura Organizacional**



Pertenezco al área de proyectos y operaciones, desempeñándome en el cargo de jefe de proyectos para instalaciones específicas, siendo mis funciones:

- a) Selección de equipos y accesorios para un sistema de refrigeración industrial.
- b) Elaboración de diagramas de flujo P&ID e isométricos de instalación.
- c) Solicitud de cotizaciones a nuestros proveedores de equipos.
- d) Evaluación de presupuestos técnicos y económicos de las subcontratas y proveedores.
- e) Definición de las etapas y elaboración del Diagrama de Gantt del proyecto.
- f) Coordinación con el supervisor de seguridad para la elaboración de los procedimientos de trabajado.
- g) Supervisión del montaje e instalación de equipos.
- h) Supervisión de la puesta en marcha del sistema de refrigeración.

## **II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERENCIA LABORAL**

### **2.1. Marco Teórico**

#### **2.1.1. Bases Teóricas**

##### **2.1.1.1. Capacidad térmica**

La capacidad de cualquier sistema de refrigeración es la velocidad a la cual se retira calor del espacio refrigerado siendo muy común expresar la cantidad de calor retirado en BTU o Kcal por Hora. Es muy importante conocer la capacidad de refrigeración de nuestros usuarios ya que nos servirá como punto de partida para determinar la capacidad de los equipos de refrigeración a implementar en un cuarto de máquinas.

##### **2.1.1.2. Selección de equipos**

###### **2.1.1.2.1. Compresores de tornillo**

Para la determinación de las capacidades del sistema de compresión se utilizarán tablas y ratings del fabricante considerando los datos actuales de presiones de succión y descarga, refrigerante y aceite a utilizar en el sistema.

###### **2.1.1.2.2. Compresores de tornillo**

Es muy importante tener presente la capacidad instalada en los condensadores para mantener la presión de descarga en los compresores en el valor de trabajo óptimo, y de esta manera evitar problemas de sobrecarga en estos, por ello se sugiere que el calor rechazado por un equipo de

condensación será igual a la carga de refrigeración más la impuesta por el trabajo del compresor.

La cervecería Backus Cusco cuenta con dos aerocondensadores operativos a instalarse en un sistema de refrigeración para amoníaco, por ello se planteó desde un inicio reutilizar los equipos para no alterar el proceso de producción actual durante la implementación de los compresores tipo tornillo.

#### **2.1.1.2.3. Tanques de recirculación de baja presión**

Los tanques separadores de baja presión son utilizados para evitar el arrastre de líquido hacia los compresores.

Los tanques de este tipo ya sean horizontales y verticales son ampliamente usados en los sistemas de refrigeración, y en particular influyen en las dimensiones de un cuarto de máquinas. El tipo de tanque para nuestra selección será vertical ya que el sistema de recirculación del refrigerante es bombeado, este tipo de tanque nos permitirá mejorar el NPSH.

La selección se realizará mediante tablas de manuales proporcionadas por el fabricante.

#### **2.1.1.2.4. Bombas de amoníaco para unidad recirculadora**

La selección de las bombas de amoníaco se realizará utilizando el programa del fabricante, para ello vía email se solicitó a nuestro proveedor HERMETIC el ingreso a su programa de selección para ello debemos tener presente los siguientes datos de la instalación frigorífica:

**a) Capacidad frigorífica**

Es la carga térmica de una unidad recirculadora o una estación de bombeo de refrigerante líquido hacia los evaporadores.

**b) Número de recirculaciones**

Es la razón de refrigerante evaporado cuando se encuentra en el evaporador, ASHRAE recomienda valores dependientes del modo de alimentación a los evaporadores.

TABLA N°2.1  
RAZÓN DE RECIRCULACIÓN EN EL EVAPORADOR

Refrigerante.	Razón de Recirculación
Amoniaco, alimentación en el nivel superior del enfriador – Diámetro grande de tubos.	6 a 7
Amoniaco, alimentación en el nivel inferior del enfriador – Diámetro pequeño de tubos.	2 a 4
Refrigerante R-22	3

Fuente: ASHRAE Handbook 1998 Refrigeration

**c) Perdida de carga**

Para una instalación frigorífica representa la caída de presión que se presenta cuando el amoniaco líquido es impulsado por la bomba de amoniaco, este dato por lo general es 3 bar.

**d) Altura disponible**

Para garantizar la operación segura de una bomba, se debe tener especial atención en la succión de la bomba para que no ocurra vaporización de líquido en la entrada(cavitación), siendo un requisito específico para prevenir cavitación es determinar un adecuado NPSH.

La altura disponible es proporcionada por el fabricante del tanque de recirculación, presentado como el nivel de operación del tanque.

#### **2.1.1.2.5. Válvulas**

La selección de válvulas se realizará empleando el programa coolselector, este programa es proporcionado por el fabricante de válvulas para diferentes refrigerantes de la marca Danfoss.

#### **2.1.1.2.6. Tuberías y accesorios**

La selección de la tuberías y accesorios se realizarán mediante las tablas proporcionadas por el ASHRAE, para ello debemos tener presente la capacidad térmica y temperatura de operación del refrigerante en el equipo evaluado.

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

La instalación tuberías, válvulas y accesorios empleados durante la instalación se realizará tomando las recomendaciones de la International Institute of Ammonia Refrigeration (IAR).

La instalación de los equipos de refrigeración debe tener en cuenta las recomendaciones indicadas por el fabricante para no perder la garantía del equipo.

#### **2.1.1.4. Aislamiento térmico**

Para evitar la escarchamiento y condensación en las tuberías, elevaciones de temperatura del refrigerante es conveniente la instalación del aislamiento térmico de las tuberías y tanques, para ello debemos determinar el espesor óptimo, para evitar condensaciones en el recorrido de tuberías.

El aislamiento para las tuberías con amoniaco a ser instaladas debe ser con poliuretano inyectado y densidad de 32 kg/m<sup>3</sup> y la cobertura con plancha de inoxidable de 0,4 mm para tuberías y plancha de .0.8mm para los tanques de recirculación.

#### **2.1.1.5. Control de calidad de la instalación**

El control de calidad para el sistema de refrigeración contará con lo siguiente:

- a) Elaboración del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.
- b) Arenado y pintado con recubrimiento epóxico de tuberías y tanques a emplearse antes de la instalación.
- c) Check list de validación del retiro de empaques y mecanismos de apertura y cierre de las válvulas a instalarse.
- d) Check list de instalación de equipos de refrigeración.

- e) Validación de soldadura en tuberías, conexiones, equipos y válvulas será mediante la toma de placas radiográficas al 100%.
- f) Eliminación de suciedad de las tuberías y equipos del sistema de refrigeración mediante un barrido con nitrógeno.
- g) Validación de instalación de empaques y mecanismos lubricados de apertura y cierre de las válvulas a instalarse.
- h) Pruebas de presurización según procedimiento establecido por la empresa instaladora.
- i) Pruebas eléctricas en vacío de las bobinas, motores, y accesorios de control instalados.
- j) Deshumidificación del sistema de refrigeración.
- k) Validación de consumo eléctrico de los equipos instalados.

### **2.1.2. Aspectos Normativos**

- IIAR - International Institute of Ammonia Refrigeration, Ammonia Refrigeration Piping Handbook, 2000.
- American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers, Refrigeration Systems And Applications, Atlanta, 1994.
- American Society of Mechanical Engineers, Boiler and Pressure Vessels Code: Section IX. New York, 1998.
- American Society of Mechanical Engineers, Refrigeration Piping and Heat Transfer Components: ASME B31.5. New York, 1998.

### 2.1.3. Simbología técnica

#### - Válvulas

TABLA N°2.2  
SIMBOLOGIA TECNICA DE VALVULAS

Simbolo	Descripcion
	Válvula solenoide de dos vias
	Válvula reguladora de presión
	Válvula reguladora de presión con apertura y cierre electrónico
	Válvula electrónica
	Válvula de cierre manual recta
	Válvula de cierre manual recta (normalmente cerrada)
	Válvula de cierre manual angular
	Válvula de cierre manual angular (normalmente cerrada)
	Válvula de expansión manual
	Válvula check
	Válvula check con apertura manual
	Drenaje de aceite
	Válvula de tres vias
	Válvula de seguridad

Fuente: Ammonia Refrigeration Piping Handbook

- **Accesorios de conexión**

TABLA Nº2.3  
SIMBOLOGIA TECNICA DE ACCESORIOS DE CONEXIÒN

Simbolo	Descripcion
	Tapòn roscado
	Tapòn soldable
	Reduccìon exèntrica
	Reduccìon concèntrica
	Filtro
	Brida con orificio
	Direccion del flujo

Fuente: Ammonia Refrigeration Piping Handbook

- **Dispositivos de control**

TABLA N°2.4  
SIMBOLOGIA TECNICA DE DISPOSITIVOS DE CONTROL

Simbolo	Descripcion
	Flotador de nivel con interruptor
	Indicador de presión
	Transmisor de presión
	Indicador de temperatura
	Presostato
	Transmisor de nivel
	Solenoides
	Columna de nivel con visores
	Actuador motorizado

Fuente: Ammonia Refrigeration Piping Handboo

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

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

#### **2.2.1.1. Elaboración de la ingeniería del proyecto**

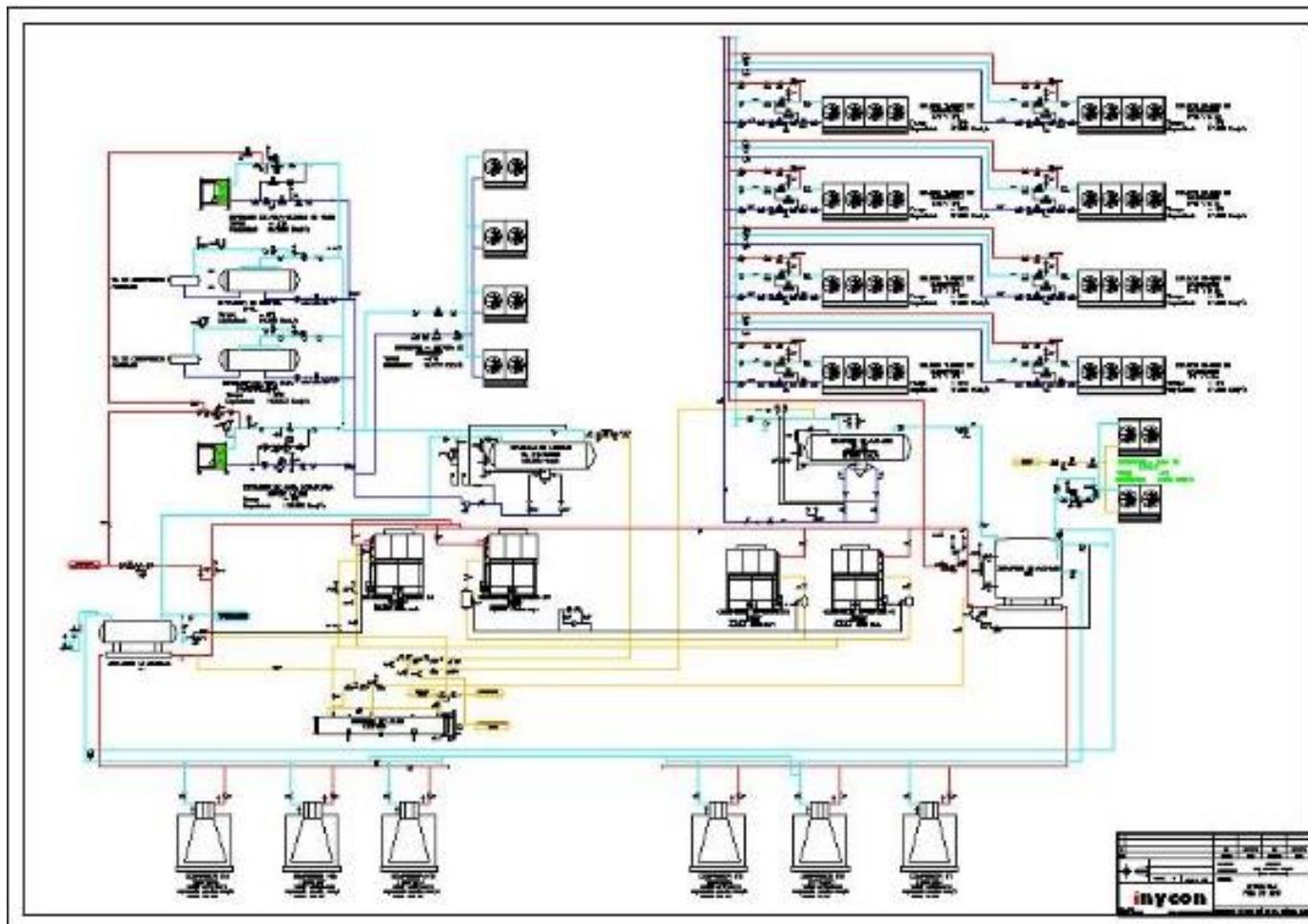
El sistema de refrigeración usado en la cervecería Backus – Cusco, es un sistema de recirculación de amoníaco, permitiendo entregar una gran cantidad de líquido refrigerante al evaporador o usuario, y evaporar solo una parte del refrigerante. El sistema consta de un grupo de compresores y condensadores conectados en paralelo, permitiendo que todos los equipos trabajen a iguales presiones tanto en la entrada como en la descarga de los equipos.

El sistema cuenta con cinco tanques separadores, trabajando a una temperatura de evaporación de  $-5.5^{\circ}\text{C}$  y bajo las siguientes condiciones de operación:

- Presión de Succión: 2.26 bar
- Presión de descarga: 11 bar
- Temperatura de evaporación:  $-5.5^{\circ}\text{C}$
- Temperatura de condensación:  $30^{\circ}\text{C}$

Los datos obtenidos anteriormente fueron obtenidos en base a las visitas y reuniones con el cliente desarrollando inicialmente los diagramas de flujo de refrigerante y elaboración de tabla de cargas térmicas del sistema de refrigeración actual.

FIGURA N°2.1  
DIAGRAMA DE FLUJO DE SALA DE MAQUINAS



Fuente: Elaboración propia



TABLA N°2.5  
CARGAS TERMICAS DEL SISTEMA ACTUAL

BALANCE DE CARGAS TERMICAS Y CAPACIDADES ACTUAL												
Cliente BACKUS Proyecto CUZCO Ubicación Fecha 8/08/2017		CT unitaria		CT unitaria	CT total	EQUIPOS	Capacidad	%	Capacidad	Capacidad	Consumo	Excedente/
	Cantidad	Kcal/h	KW	kcal/h	(Kcal/h)		(Kcal/h)	(KW)	(KW)	Déficit		
<b>Bodegas de reposo</b>												
TK 1 576 200 kcal/h Externo -5°C+35C Bombas Rutchi	Difusor (Tanques de maduración 1, 2)	1	17,000	19.77	17,000	Compresor 1 Sulzer K 802B (kcal/hr)	190,160	100%	190,160	221.12	54.05	
	Difusor (Tanques de maduración 3, 4)	1	17,000	19.77	17,000	Compresor 2 Sulzer K 802B (kcal/hr)	190,160	100%	190,160	221.12	54.05	
	Difusor (Tanques de maduración 5, 6)	1	17,000	19.77	17,000	Compresor 3 Sulzer K 1052B (kcal/h)	484,400	100%	484,400	540.00	132.00	
	Difusor (Tanques de maduración 7, 8)	1	17,000	19.77	17,000	Compresor 4 Sulzer K 1052B (kcal/h)	484,400	100%	484,400	540.00	132.00	
	Difusor (Tanques de maduración 9, 10)	1	17,000	19.77	17,000	Compresor 5 Sulzer K 1052B (kcal/h)	484,400	100%	484,400	540.00	132.00	
	Difusor (Tanques de maduración 11, 12)	1	17,000	19.77	17,000	Compresor 6 Sulzer K 902B (kcal/hr)	286,600	100%	286,600	310.00	75.78	
	Difusor (Tanques de maduración 13, 14)	1	17,000	19.77	17,000							
	Difusor (Tanques de maduración 15, 16)	1	17,000	19.77	17,000							
			<b>Total</b>	<b>kcal/h</b>	<b>136,000</b>							
Acumulador 2	Difusor sala de lupulo	2	1,750	2.03	3,500							
			<b>Total</b>	<b>kcal/h</b>	<b>3,500</b>							
TK 2 1 930 700 kcal/h Interno -5.4°C+35C HCR54-140	Tanque de fermentacion TEX 17..20 1800HL	4	Proceso Frio 1		177,188							
	Tanque de fermentacion TEX 21-22 2400HL	2	Proceso Frio 2		168,750							
	Tanque de fermentacion TEX 1..14 1000HL	14										
	Evaporadores de la zona de cono	2	4,500	5.23	9,000							
	Enfriador de cerveza verde	1	320,000	372.09	320,000							
	Enfriador de agua	1	495,000	575.58	495,000							
	Propagador de levadura P3 40 HL	1	7,998	9.30	7,998							
	Propagador de levadura P4 200HL	1	7,998	9.30	7,998							
	Difusores de levadura(Propagacion)	1	7,500	8.72	7,500							
	Cosecha de levadura 50 h C1..C3 (L1,L2,L3)	3	13,378	15.56	40,133							
	Dosificacion de levadura D1..D3	3	6,500	7.56	19,500							
	Dosificacion de levadura 20hl D4..C7	4	6,500	7.56	26,000							
Enfriador de levadura	1	26,000	30.23	26,000								
Difusores sala cosecha de levadura	1	4,700	5.47	4,700								
			<b>Total</b>	<b>kcal/h</b>	<b>1,309,763</b>							
TK 3 428 200 kcal/h Filtracion -5.40°C+35°C	<b>Bodegas de gobierno</b>											
	Difusor (Tanques de maduración 1, 2)	1	4,750	5.52	4,750							
	Difusor (Tanques de maduración 3, 4)	1	4,750	5.52	4,750							
	Difusor (Tanques de maduración 5, 6)	1	4,750	5.52	4,750							
	Difusor (Tanques de maduración 7, 8)	1	4,750	5.52	4,750							
	Enfriador de agua desaeareada (Torre Aldox)	1	120,000	139.53	120,000							
Enfriador de agua para pasteurizador	1	180,000	198.05	180,000								
Enfriador de cerveza final	1	81,000	94.19	81,000								
Enfriador de agua para bombas de vacío de lle	1	46,200	53.72	46,200								
			<b>Total</b>	<b>kcal/h</b>	<b>426,200</b>							
Condensadores	Heat Reject de sistema -5°C+35°C				1,871,963	Total	COP	4.09	2,040,120	2,372.23	579.88	168,157
35°C						Condensador Sulzer # 1 (kcal/hr)	420,540					
						Condensador Sulzer # 2 (kcal/hr)	420,540					
						Condensador Raffel # 3 (kcal/hr)	1,045,674					
						Condensador Baltimore #4 (kcal/hr)	800,000					
<b>Total kcal/h</b>					<b>2,538,816</b>	<b>Total</b>	<b>2,686,754</b>					<b>147,938</b>

Fuente: Elaboración propia

## 2.2.1.2. Selección de equipos

- **Compresores**

Por vía email se envió al fabricante los datos actuales de presión y descarga, refrigerante y aceite utilizado:

Refrigerante: Amoniaco anhidrido con aceite mineral.

Presión de succión: 2.48 bar

Presión de descarga: 12.48 bar

TABLA N°2.6  
MODELO DE COMPRESORES

Compresor Tornillo Serie V - ALTA													
	Alta	-20/+35 °C		-15/+35 °C		-10/+35 °C		-5/+35 °C		0/+35 °C		+5/+35 °C	
Modelo	m <sup>3</sup> /h	Mcal/h	bkW	Mcal/h	bkW	Mcal/h	bkW	Mcal/h	bkW	Mcal/h	bkW	Mcal/h	bkW
160-S	499	180,6	80,0	225,9	84,1	278,9	88,3	343,2	91,9	416,8	93,7	506,5	95,8
160-M	624	225,7	96,1	282,1	101,1	348,4	106,2	428,6	110,4	520,5	112,6	632,5	115,1
160-L	749	270,7	114,2	338,3	120,1	417,7	126,1	513,8	131,2	623,6	133,8	758,0	136,8
200-S	975	357,5	154,7	446,7	162,7	551,4	170,9	678,1	177,8	823,1	181,3	1.000,0	185,4
200-M	1.220	450,0	187,6	562,0	197,3	693,5	207,2	853,4	215,6	1.035,5	219,8	1.257,5	224,7
200-L	1.460	543,6	222,6	678,6	234,1	837,0	245,8	1.030,7	255,8	1.250,1	260,8	1.517,6	266,7
250-S	1.900	707,7	291,4	882,7	306,5	1.088,1	321,9	1.339,3	334,9	1.623,6	341,5	1.970,4	349,2
250-M	2.380	894,0	360,2	1.114,6	378,8	1.373,5	397,8	1.690,1	413,9	2.048,6	422,1	2.485,8	431,5
250-L	2.840	1.069,8	430,1	1.333,1	452,3	1.642,2	475,0	2.020,3	494,2	2.448,3	504,0	2.970,4	515,3
250-LL	3.370	1.266,3	509,1	1.578,1	535,4	1.944,0	562,3	2.391,6	585,0	2.898,2	596,6	3.516,3	610,0
320-S	3.820	1.432,7	587,5	1.785,3	617,9	2.199,3	648,9	2.705,7	675,1	3.278,9	688,4	3.978,1	703,9
320-M	4.760	1.788,0	726,0	2.228,1	763,6	2.744,8	801,9	3.376,7	834,3	4.092,1	850,8	4.964,7	869,8
320-L	5.700	2.097,6	851,6	2.613,9	895,6	3.220,0	940,6	3.961,4	978,6	4.800,7	997,9	5.824,4	1.020,2

Fuente: Ficha técnica de compresores Mayekawa

En coordinación con el cliente y espacios disponibles en el nuevo cuarto de máquinas se optó por la elección de tres compresores teniendo uno como Backup, ante un posible mantenimiento del equipo. Recurriendo al cuadro de cargas térmicas se tiene lo siguiente:

**TABLA Nº2.7  
CARGAS TERMICAS DEL SISTEMA FUTURA INSTALACION DEL COMPRESOR**

<b>BALANCE DE CARGAS TERMICAS Y CAPACIDADES (SIST. FUTURO)</b>												
Cliente BACKUS Proyecto Ubicación CUZCO Fecha 8/06/2017												
	Cantidad	CT unitaria	CT unitaria	CT total	EQUIPOS	Capacidad (Kcal/h)	%	Capacidad (Kcal/h)	Capacidad (KW)	Consumo (kW)	Excedente/ Déficit	
		Kcal/h	kW	kcal/h								
<b>TK 4</b> 1 296 794 Kcal/h -5.4°C/+35C 19.3 m3/h	Enfriador de agua	1	495000	575.58	495,000	Compresor de tornillo 200 - L	979,165	100%	979,165	1,138.56	204.64	
			<b>Total</b>	<b>kcal/h</b>	<b>495,000</b>	Compresor de tornillo 160 - L	488,110	100%	488,110	567.57	104.96	
	Propagador de levadura P3 40 HL	1	7,996	9.30	7,996	Compresor de tornillo 160 - L	488,110	0%	0	0.00	104.96	
	Propagador de levadura P4 200HL	1	7,996	9.30	7,996							
	Difusores de levadura(Propagacion)	1	7,500	8.72	7,500							
	Cosecha de levadura 50 h C1..C3 (L1,L2,L3)	3	13,378	15.56	40,133							
	Dosificacion de levadura D1..D3	3	6,500	7.56	19,500							
	Dosificacion de levadura 20hl D4..C7	4	6,500	7.56	26,000							
	Enfriador de levadura	1	26,000	30.23	26,000							
	Difusores sala cosecha de levadura	1	4,700	5.47	4,700							
			<b>Total</b>	<b>kcal/h</b>	<b>139,825</b>							
	Difusor (Tanques de maduración 1, 2)	1	17,000	19.77	17,000							
	Difusor (Tanques de maduración 3, 4)	1	17,000	19.77	17,000							
	Difusor (Tanques de maduración 5, 6)	1	17,000	19.77	17,000							
	Difusor (Tanques de maduración 7, 8)	1	17,000	19.77	17,000							
	Difusor (Tanques de maduración 9,10)	1	17,000	19.77	17,000							
	Difusor (Tanques de maduración 11,12)	1	17,000	19.77	17,000							
	Difusor (Tanques de maduración 13, 14)	1	17,000	19.77	17,000							
	Difusor (Tanques de maduración 15, 16)	1	17,000	19.77	17,000							
			<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>136,000</b>							
TK 2 1 930 700 Kcal/h Interno -5.4°C/+35C HCR54-149	Tanque de fermentacion TEX 17..20 1800HL	4	Proceso Frio 1		177,188							
	Tanque de fermentacion TEX 21-22 2400HL	2	Proceso Frio 2		168,750							
	Tanque de fermentacion TEX 1..14 1000HL	14										
	Evaporadores de la zona de cono	2	4,500	5.23	9,000							
	Enfriador de cerveza verde	1	320,000	372.09	320,000							
		<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>674,938</b>								
<b>Total kcal/h</b>					<b>1,445,763</b>	<b>Total</b>	<b>COP</b>	<b>4.12</b>	<b>1,467,275</b>	<b>1,706.13</b>	<b>414.56</b>	<b>21,512</b>
Condensadores	Heat Reject de sistema -5.4°C/+35°C				1,823,797							
35°C						Condensador Vilter	257,140					
						Condensador Semco	685,420					
						Condensador Sulzer # 2 (kcal/hr)	420,540					
						Condensador Baltimore #4 (kcal/hr)	800,000					
<b>Total kcal/h</b>					<b>1,823,797</b>	<b>Total</b>	<b>2,163,100</b>				<b>339,303</b>	

Fuente: Elaboración propia

- **Tanque de bombeo**

La selección de un nuevo tanque de bombeo dependerá de la revisión de la ficha técnica del fabricante teniendo los siguientes datos de operación:

$$Q_o: 495\,000 \text{ Kcal/hr} + 139\,825 \text{ Kcal/hr} + 136\,000 \text{ Kcal/hr} = 770\,825$$

Kcal/hr

Adicionando un 20% de carga adicional ante una posible ampliación de usuarios.

$$Q_o = 770\,825 * 1.2 \text{ K cal/hr}$$

$$Q_o = 924\,990 \text{ K cal/hr}$$

$$Q_o = 1075.6 \text{ Kw}$$

$$Q_o = 306 \text{ TON}$$

**TABLA N°2.8  
MODELOS DE TANQUES PHILLIPS**

	EVAPORATOR TEMPERATURE, °F									
	SINGLE STAGE*					TWO STAGE**				
	30	20	10	0	-10	-20	-20	-30	-40	-50
PVR24	172	155	138	123	109	96	113	99	86	74
PVR30	272	245	219	195	173	152	179	157	136	117
PVR36	396	356	319	284	251	221	260	228	198	171
PVR42	542	487	436	389	344	303	356	312	271	234
PVR48	711	640	573	510	452	398	468	410	356	307
PVR54	895	805	721	642	568	500	589	516	448	387
PVR60	1110	998	893	795	704	620	730	639	556	479
PVR72	1596	1435	1285	1144	1013	892	1050	919	799	690
PVR84	2183	1963	1757	1565	1386	1220	1436	1258	1093	944
PVR96	2847	2561	2292	2041	1808	1592	1873	1640	1426	1231
PVR108	3599	3237	2898	2581	2286	2012	2368	2074	1803	1556
PVR120	4440	3993	3574	3183	2819	2482	2921	2558	2224	1919
PVR144	6407	5762	5158	4594	4069	3582	4215	3691	3210	2770

\* Single stage capacities based on 96°F liquid supply

\*\* Two stage capacities based on +20°F liquid supply

Fuente: Ficha técnica de tanques Phillips

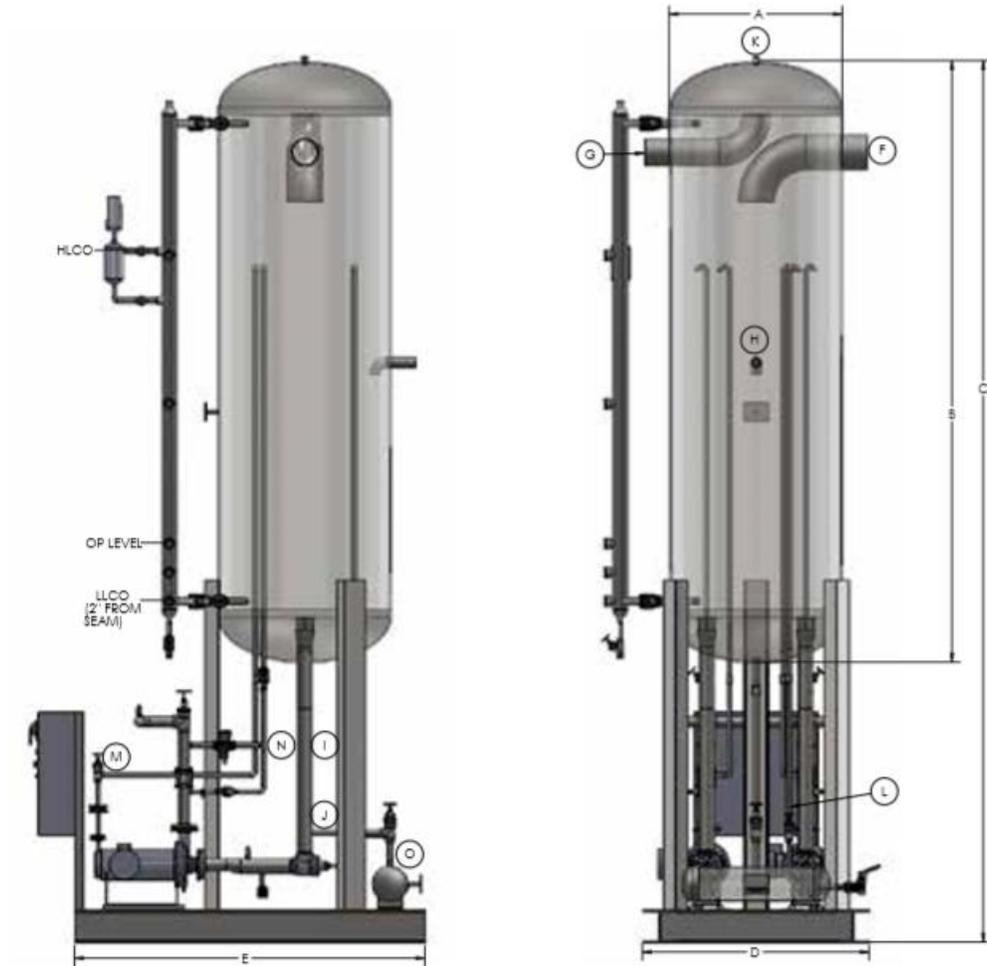
De la tabla 2.4 presentada seleccionamos el modelo de Tanque PVR 36 bajo las condiciones de capacidad y temperatura operación indicadas.

TABLA N°2.9  
DIMENSIONES DE LOS MODELOS DE TANQUES PHILLIPS

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O			
Model Number	OD	OAH	Pkg Ht	Base Width	Base Length	Wet Suction	Dry Suction	Liq. Feed	Pump Suction	Oil Pot Drain	Relief	Oil Pot Vent	Pump Vent/ Cooling	Bypass	Oil Pot	LLCO*	OP Level*	HLCO*
PVR24	24	113	179	42	75	6	5	1¼	4	1	½	¾	¾	¾	8 x 36	2	16	73
PVR30	30	116	182	55	75	8	6	1½	4	1	¾	¾	¾	¾	8 x 36	2	16	69
PVR36	36	119	185	65	84	8	6	2	4	1	¾	¾	¾	¾	8 x 36	2	16	69
PVR42	42	146	214	55	85	10	8	2½	4	1	¾	¾	¾	¾	8 x 36	2	16	87
PVR48	48	149	215	62	90	10	10	2½	4	1	¾	¾	¾	¾	8 x 36	2	16	84
PVR54	54	152	221	68	95	12	10	3	5	1	¾	¾	¾	¾	8 x 36	2	16	81
PVR60	60	155	223	72	95	12	12	3	5	1¼	¾	¾	¾	1	10 x 36	2	16	78
PVR72	72	161	227	78	96	16	14	4	6	1¼	¾	¾	¾	1	10 x 36	2	16	69
PVR84	84	167	233	98	104	18	16	5	8	1½	¾	1	¾	1¼	12 x 36	2	16	63
PVR96	96	173	239	102	108	20	18	5	8	1½	¾	1	¾	1¼	12 x 36	2	16	70
PVR108	108	179	245	114	114	20	20	6	10	1½	1	1	¾	1¼	12 x 36	2	16	70
PVR120	120	185	251	126	126	24	24	6	10	1½	1	1	¾	1½	12 x 36	2	16	62
PVR144	144	197	263	150	150	24	24	8	12	1½	1¼	1	¾	1½	12 x 36	2	16	62

Fuente: Ficha técnica de taques Phillips

FIGURA N°2.3  
ESQUEMA TÉCNICO DEL TANQUE DE BOMBEO



Fuente: Ficha técnica de taques Phillips

De la tabla 2.5 en comparación con la imagen 2.3. presentada tenemos el resumen general de las dimensiones de nuestro tanque seleccionado:

Tanque de bombeo vertical

Diámetro(A): 36" (914.4mm).

Longitud(B): 119" (3022.6mm).

Nivel de operación del tanque: 84" (2133.6mm).

- **Bombas de amoniaco**

Para la instalación frigorífica tenemos los siguientes datos:

Potencia Frigorífica (Q<sub>0</sub>): 1075.6 Kw

Numero de recirculaciones K: 4

Perdida de carga Δp: 3 bar

NPSH disponible: 2.13m

Ingresando los datos obtenidos al programa proporcionado por el fabricante:

### FIGURA N°2.4 INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE HERMETIC

Idioma:  Unidades:  [Nueva búsqueda](#) [Ajustes personales](#) [Cerrar sesión](#) 

**Datos de selección**

**Instalación frigorífica:**

Potencia frigorífica Q <sub>0</sub> :	<input type="text" value="1075.60"/>	[kW]
Número de recirculaciones k:	<input type="text" value="4.0"/>	[-] (k ≥ 1.0)
Pérdida de carga Δp <sub>r</sub> :	<input type="text" value="0.300"/>	[MPa]
NPSH disponible NPSHA:	<input type="text" value="2.13"/>	[m] (NPSHA > 0.0)

Fuente: Software selección de bombas hermetic

Tenemos los siguientes resultados

Refrigerante : Amoniaco.

Temperatura de evaporación : -5.5°C

Caudal : 18.71 m<sup>3</sup>/h

Presión : 47.35 mca.

Las bombas deberán de estar equipadas con sistema de regulación de caudal máximo y mínimo, variador de velocidad para el control de presión y caudal.

- **Tanque Termorecibidor**

La cantidad de amoniaco presente en el sistema de refrigeración se obtuvo midiendo las dimensiones del tanque recibidor de líquido actual.

Diámetro	: 54in
Longitud	: 152in
Cabezal	: 16in
Volumen	: 185ft <sup>3</sup>

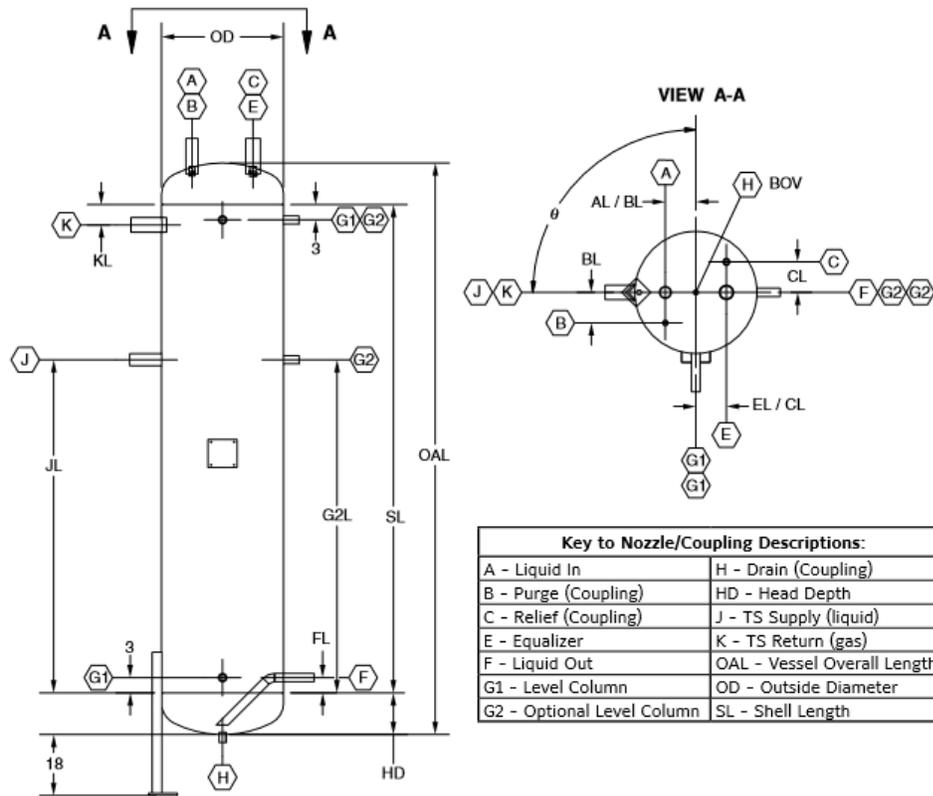
Con el volumen del tanque recibidor actual se procede a buscar en tablas proporcionadas por el fabricante para un tanque termorecibidor de la marca Frick.

TABLA N°2.10  
DIMENSIONES DE LOS MODELOS DE TANQUES FRICK

MODEL NUMBER	MAWP	OD	OAL	HD	SL	Legs	Unin-sulated Dry Wt (lbm)	Total Volume (cu-ft)	R-717 <sup>(3)</sup> Maximum Charge (lbm)	Reser-voir (cu-ft)	Theta θ
VHPTSR-24-112	300	24	112%	8 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	96	3	1,040	26.5	875	4.7	90
VHPTSR-24-136	300	24	136%	8 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	120	3	1,260	32.4	1,069	4.7	90
VHPTSR-30-113	250	30	113%	9 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	94	3	1,310	41.9	1,384	7.5	90
VHPTSR-30-137	250	30	137%	9 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	118	3	1,580	51.2	1,693	7.5	90
VHPTSR-36-116	250	36	116%	11 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	94	4	1,610	62.0	2,048	10.9	45
VHPTSR-36-140	250	36	140%	11 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	118	4	1,940	75.5	2,496	10.9	45
VHPTSR-42-119	250	42	119%	12 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	94	4	1,920	86.4	2,856	14.9	45
VHPTSR-42-143	250	42	143%	12 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	118	4	2,310	105.0	3,470	14.9	45
VHPTSR-48-122	250	48	122½	14¼	94	4	3,000	114.1	3,772	19.4	45
VHPTSR-48-146	250	48	146½	14¼	118	4	3,590	138.2	4,568	19.4	45
VHPTSR-54-125	250	54	125½	15¾	94	4	3,450	147.7	4,881	24.7	45
VHPTSR-54-149	250	54	149½	15¾	118	4	4,120	179.2	5,894	24.7	45
VHPTSR-54-175	250	54	175½	15¾	144	4	4,840	211.5	6,991	24.7	45
VHPTSR-60-152	250	60	152½	17¼	118	4	4,670	224.1	7,408	30.5	45
VHPTSR-60-178	250	60	178½	17¼	144	4	5,470	265.3	8,768	30.5	45
VHPTSR-60-202	250	60	202½	17¼	168	4	6,210	303.2	10,023	30.5	45
VHPTSR-72-158	250	72	158%	20 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	118	4	7,270	331.2	10,947	43.9	45
VHPTSR-72-184	250	72	184%	20 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	144	4	8,470	390.4	12,903	43.9	45
VHPTSR-72-208	250	72	208%	20 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	168	4	9,580	445.0	14,707	43.9	45
VHPTSR-84-164	250	84	164%	23%	118	4	10,560	462.5	15,286	59.7	45
VHPTSR-84-190	250	84	190%	23%	144	4	12,240	542.9	17,945	59.7	45
VHPTSR-84-214	250	84	214%	23%	168	4	13,790	617.2	20,399	59.7	45
VHPTSR-96-196	250	96	196%	26%	144	4	14,430	728.6	24,082	78.4	45
VHPTSR-96-220	250	96	220%	26%	168	4	16,200	826.0	27,302	78.4	45

Fuente: Ficha técnica de tanques Frick

FIGURA N°2.5  
ESQUEMA TÉCNICO DEL TANQUE TERMORECIBIDOR FRICK



Fuente: Ficha técnica de tanques Frick

De la tabla 2.6 en comparación con la imagen 2.5 presentada tenemos el resumen general de las dimensiones de nuestro tanque seleccionado:

Refrigerante : Amoniaco.  
 Marca : Frick  
 Modelo : VHPTRS 54 175  
 Diámetro : 54in  
 Longitud : 175 ½ in  
 Volumen : 211.5 ft3

- **Válvulas y accesorios de control**

La selección de válvulas y accesorios de control dependerá de la capacidad frigorífica, temperatura de evaporación, función de cada equipo y tipo de refrigerante presente en el sistema tal como se muestra a continuación:

- **Compresor**

Compresor de tornillo Nro.1

Capacidad frigorífica: 1139 Kw.

Temperatura de evaporación: -5.5°C

Temperatura de condensación: 30°C

Tipo de refrigerante: Amoniaco (R717)

FIGURA Nº2.6  
SOFTWARE COOLSELECTOR SELECCIÓN DE VÁLVULAS EN LÍNEA DE SUCCION SECA

Condiciones de funcionamiento:

Capacidad: Capacidad de refrigerar: 1139 kW  
Caudal máxico en la línea: 3647 kg/h  
Capacidad de calefacción: 1379 kW

Evaporación: Temperatura: -5.5 °C  
Recalentamiento antes del compresor: 0 K

Condensación: Temperatura: 30.0 °C  
Subenfriamiento: 2.0 K  
Subenfriamiento adicional: 0 K

Conexión:  Tamaño ajustado de la conexión: ANSI 3/4" (20) Velocidad: 1275 m/s

	Separador	Codo de acero 90 ANSI 6-L	Codo de acero 90 ANSI 6-L	Tubería de acero ANSI 6	Reductor de acero ANSI 6 x 5	SVA 125 angle	Compresor
DP de distribución:	4%	4%	19%	8%	65%		Total
Longitud [m]:	-	-	10.00	-	-	-	
Ángulo [°]:	-	-	0	-	-	-	
Número:	1	1	-	-	1	-	
DP [bar]:	0.001	0.001	0.005	0.002	0.018	0.027	
DT_sat [K]:	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	
Velocidad, entrada [m/s]:	19.14	19.15	19.15	19.18	26.27		
Estado de la válvula:	-	-	-	-	Abierta		
Conexión:	Aceptar	Aceptar	Aceptar	Aceptar	Aceptar		
Resultado:	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Software coolselector

**FIGURA N°2.7  
SOFTWARE COOLSELECTOR SELECCIÓN DE VÁLVULAS EN LÍNEA  
DE DESCARGA**

Condiciones de funcionamiento:

Capacidad: Capacidad de refrigeración: 1139 kW  
Caudal máxico en la línea: 3647 kg/h  
Capacidad de calefacción: 1379 kW

Evaporación: Temperatura: -5.5 °C  
Recalentamiento antes del compresor: 0 K

Condensación: Temperatura: 30.0 °C  
Subenfriamiento: 2.0 K  
Subenfriamiento adicional: 0 K

Adicional: Temperatura de descarga: 106.6 °C  
Tasa de circulación: 4.00  
Presión Diferencial de la bomba: 3.000 bar

Conexión: Tamaño ajustado de la conexión: ANSI 4" (100) Velocidad: 18.61 m/s

Compressor	X							Condensador
	Tubería de acero ANSI 5	Reductor de acero ANSI 5 x 4	SVA 100 angle	Expansor de acero ANSI 4 x 5	Tubería de acero ANSI 5	Codo de acero 90 ANSI 5-L	Codo de acero 90 ANSI 5-L	
DP de distribución:	6%	9%	67%	3%	10%	3%	3%	<b>Total</b>
Longitud [m]:	3.00	-	-	-	5.00	-	-	
Ángulo [°]:	0	-	-	-	0	-	-	
Número:	-	1	-	1	-	1	1	
DP [bar]:	0.002	0.003	0.021	0.001	0.003	0.001	0.001	0.031
DT_sat [K]:	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Velocidad, entrada [m/s]:	11.84	11.84	16.97	18.65	11.87	11.87	11.87	
Estado de la válvula:	-	-	Abierta	-	-	-	-	
Conexión:	Aceptar	Aceptar	Aceptar	Aceptar	Aceptar	Aceptar	Aceptar	
Resultado:	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Software coolselector

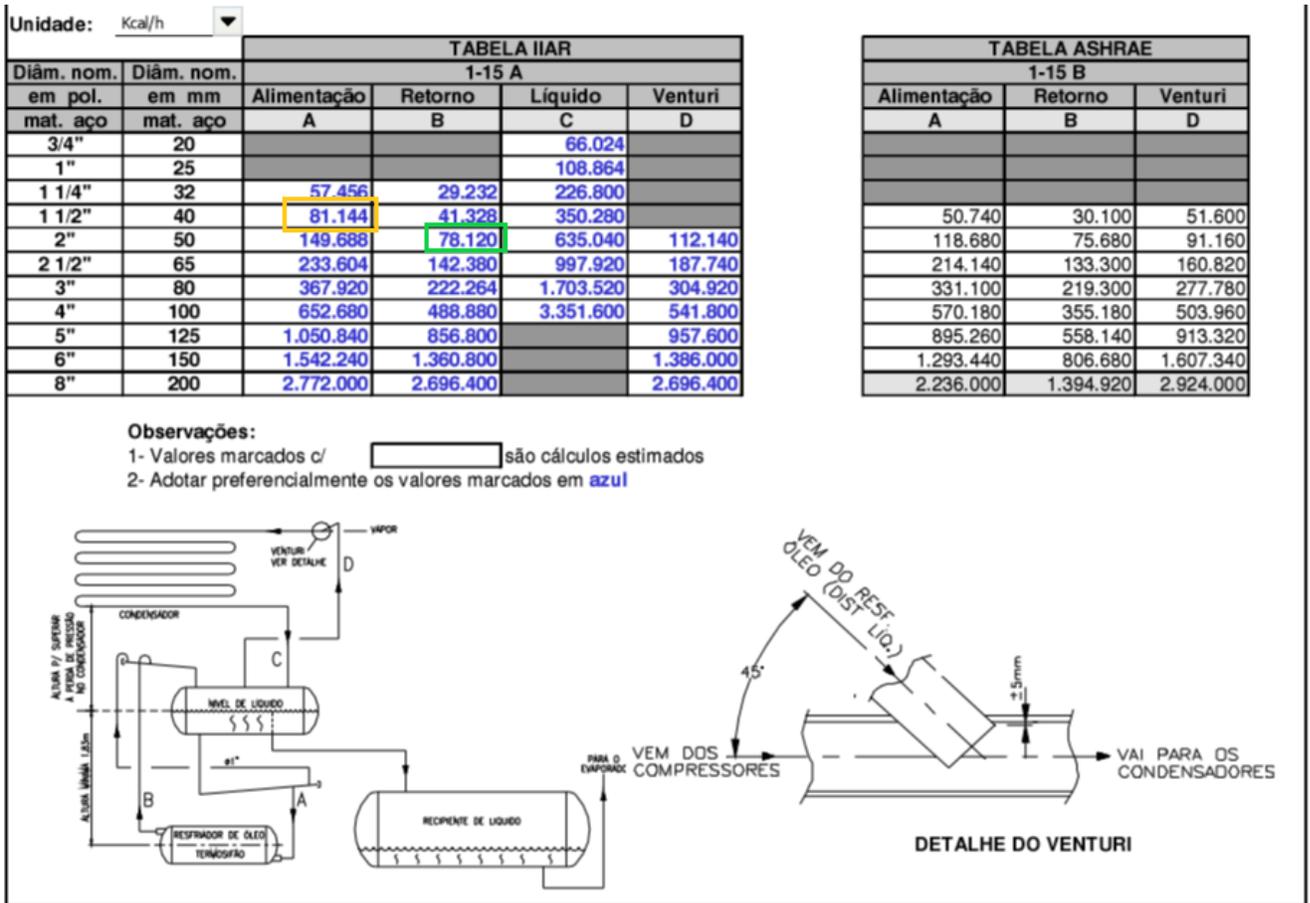
La selección de válvulas para el enfriador de aceite del compresor se realizará utilizando las tablas proporcionadas por la empresa YORK Refrigeration seleccionaremos la dimensión de la válvula de acuerdo a la capacidad de enfriamiento de aceite.

El Compresor tiene una capacidad de enfriamiento de aceite de 62 012.012 Kcal/ hr

De la imagen 2.6 se tiene que para una capacidad de 62 012.02 Kcal/hr el diámetro nominal adecuado para el ingreso de refrigerante al enfriador es 40 mm y el diámetro nominal para el retorno del enfriador

es 50 mm, ahora procederemos a buscar en las tablas del fabricante el modelo y código de la válvula.

FIGURA Nº2.8  
CAPACIDADES PARA ENFRIAMIENTO DE ACEITE



Fuente: Ficha técnica de procedimentos de ingeniería YORK refrigeration.

**TABLA N°2.11**  
**TABLA DE MODELOS Y CONEXIONES DE VÁLVULA**

Tipo de válvula	SVA	Válvula de cierre
Diámetro nominal en mm		Conexiones disponibles
		A/D      G      SOC      FPT      T
Nota: el tamaño de la válvula se mide tomando en consideración el diámetro de la conexión	<b>6</b>	DN 6 (1/4)
	<b>10</b>	DN 10 (3/8)
	<b>15</b>	DN 15 (1/2)
	<b>20</b>	DN 20 (3/4)
	<b>25</b>	DN 25 (1)
	<b>32</b>	DN 32 (1 1/4)
	<b>40</b>	DN 40 (1 1/2)
	<b>50</b>	DN 50 (2)
	<b>65</b>	DN 65 (2 1/2)
	<b>80</b>	DN 80 (3)
	<b>100</b>	DN 100 (4)
	<b>125</b>	DN 125 (5)
	<b>150</b>	DN 150 (6)
	<b>200</b>	DN 200 (8)
	Conexiones	<b>A</b> <b>D</b> <b>G</b> <b>SOC</b> <b>FPT</b> <b>T</b>
Carcasa de la válvula	<b>ANG</b> <b>STR</b>	Paso en ángulo Paso recto
Otros accesorios	<b>H-WHEEL</b> <b>CAP</b>	Volante Caperuza

Fuente: Ficha técnica de válvulas de paso Danfoss

**TABLA N°2.12**  
**TABLA DE CÓDIGO DE VÁLVULAS, CALIBRE 80**

**Boquilla para soldar de acero ANSI (B 36.10, calibre 80)**

6	1/4	SVA-S 6 A STR H-WHEEL	52	754	<b>148B5030</b>
6	1/4	SVA-S 6 A STR CAP	52	754	<b>148B5031</b>
10	3/8	SVA-S 10 A STR H-WHEEL	52	754	<b>148B5130</b>
10	3/8	SVA-S 10 A STR CAP	52	754	<b>148B5131</b>
15	1/2	SVA-S 15 A STR H-WHEEL	52	754	<b>148B5230</b>
15	1/2	SVA-S 15 A STR CAP	52	754	<b>148B5231</b>
20	3/4	SVA-S 20 A STR H-WHEEL	52	754	<b>148B5330</b>
20	3/4	SVA-S 20 A STR CAP	52	754	<b>148B5331</b>
25	1	SVA-S 25 A STR H-WHEEL	52	754	<b>148B5430</b>
25	1	SVA-S 25 A STR CAP	52	754	<b>148B5431</b>
32	1 1/4	SVA-S 32 A STR H-WHEEL	52	754	<b>148B5530</b>
32	1 1/4	SVA-S 32 A STR CAP	52	754	<b>148B5531</b>
40	1 1/2	SVA-S 40 A STR H-WHEEL	52	754	<b>148B5630</b>
40	1 1/2	SVA-S 40 A STR CAP	52	754	<b>148B5631</b>

Fuente: Ficha técnica de válvulas de paso Danfoss

TABLA N°2.13  
TABLA DE CÓDIGO DE VÁLVULAS, CALIBRE 40

**Boquilla para soldar de acero ANSI (B 36.10, calibre 40)**

50	2	SVA-S 50 A STR H-WHEEL	52	754	<b>148B5730</b>
50	2	SVA-S 50 A STR CAP	52	754	<b>148B5731</b>
65	2½	SVA-S 65 A STR H-WHEEL	52	754	<b>148B5830</b>
65	2½	SVA-S 65 A STR CAP	52	754	<b>148B5831</b>
80	3	SVA-S 80 A STR H-WHEEL	52	754	<b>148B5930</b>
80	3	SVA-S 80 A STR CAP	52	754	<b>148B5931</b>
100	4	SVA-S 100 A STR H-WHEEL	52	754	<b>148B6030</b>
100	4	SVA-S 100 A STR CAP	52	754	<b>148B6031</b>
125	5	SVA-S 125 A STR H-WHEEL	52	754	<b>148B6130</b>
125	5	SVA-S 125 A STR CAP	52	754	<b>148B6131</b>
150	6	SVA-S 150 A STR H-WHEEL	52	754	<b>148B6230</b>
150	6	SVA-S 150 A STR CAP	52	754	<b>148B6231</b>
200	8	SVA-S 200 A STR H-WHEEL	52	754	<b>148B6330</b>
200	8	SVA-S 200 A STR CAP	52	754	<b>148B6331</b>

De acuerdo con las tablas 2.7, 2.8 y 2.9 el modelo y código adecuado para las válvulas son:

Ingreso al enfriador de aceite: SVA 40 (148B5630)

Retorno del enfriador de aceite: SVA 50 (148B5730)

En el enfriador de aceite es necesario instalar una válvula de seguridad ante cualquier sobrepresión del sistema y/o inadecuada operación de válvulas. Debido a las dimensiones del enfriador la válvula de seguridad adecuada es una de ½ in de ingreso y ¾" de salida para una máxima presión de 18bar.

Finalmente se presentarán la relación de válvulas para los compresores en el capítulo 3.

- **Tanque recirculador**

La selección de válvulas para el tanque recirculador dependerá de la capacidad frigorífica, temperatura de evaporación, grado de recirculación y tipo de refrigerante, entonces:

Capacidad frigorífica: 1075.6 Kw.

Temperatura de evaporación: -5.5°C

Grado de recirculación: 4

Tipo de refrigerante: Amoniaco (R717)

FIGURA N°2.9  
SOFTWARE COOLSELECTOR SELECCIÓN DE VÁLVULAS EN LÍNEA DE SUCCIÓN HÚMEDA DEL TANQUE DE RECIRCULACIÓN

Condiciones de funcionamiento:

<b>Capacidad:</b> Capacidad de refrigerar: 1076 kW Caudal máxico en la línea: 12100 kg/h Capacidad de calefacción: 1303 kW	<b>Evaporación:</b> Temperatura: -5.5 °C Recalentamiento antes del compresor: 0 K	<b>Condensación:</b> Temperatura: 30.0 °C Subenfriamiento: 2.0 K Subenfriamiento adicional: 0 K	<b>Adicional:</b> <input type="checkbox"/> Temperatura de descarga: 106.6 °C Tasa de circulación: 4.00 Presión Diferencial de la bomb: 3.000 bar
---	---	--	---

Conexión:

Tamaño ajustado de la conexión: ANSI 8" (200) Velocidad: 9.29 m/s

	Evaporador	Tubería de acero ANSI 8	SVA 200 straight	Separador	Total
<b>DP de distribución:</b>		40%	60%		
<b>Longitud [m]:</b>		15.00	-		
<b>Ángulo [°]:</b>		0	-		
<b>DP [bar]:</b>		0.007	0.011		0.018
<b>DT_sat [K]:</b>		0.1	0.1		0.1
<b>Velocidad, entrada [m/s]:</b>		9.29	8.98		
<b>Estado de la válvula:</b>		-	Abierta		
<b>Conexión:</b>		Aceptar	Aceptar		
<b>Resultado:</b>		✓	✓		✓

Fuente: Software coolselector

## FIGURA N°2.10 SOFTWARE COOLSELECTOR SELECCIÓN DE VÁLVULAS EN LÍNEA DE SUCCIÓN SECA DEL TANQUE DE RECIRCULACIÓN

Condiciones de funcionamiento:

Capacidad: Capacidad de refrigerar: 1076 kW Caudal máxico en la línea: 3445 kg/h Capacidad de calefacción: 1303 kW	Evaporación: Temperatura: -5.5 °C Recalentamiento antes del compresor: 0 K	Condensación: Temperatura: 30.0 °C Subenfriamiento: 2.0 K Subenfriamiento adicional: 0 K	Adicional: <input type="checkbox"/> Temperatura de descarga: 106.6 °C Tasa de circulación: 4.00 Presión Diferencial de la bomba: 3.000 bar
---	--	---	---

Conexión:  
 Tamaño ajustado de la conexión: ANSI 8" (200)    Velocidad: 10.45 m/s

	Separador	SVA 150 straight	Codo de acero 90 ANSI 6-L	Tubería de acero ANSI 6	Codo de acero 90 ANSI 6-L	Compresor	Total
DP de distribución:	64%	5%	26%	5%			
Longitud [m]:	-	-	-	10.00	-		
Ángulo [°]:	-	-	-	0	-		
Número:	-	1	-	1	-		
DP [bar]:	0.012	0.001	0.005	0.001		0.018	
DT_sat [K]:	0.1	0.0	0.0	0.0		0.1	
Velocidad, entrada [m/s]:	16.92	18.15	18.15	18.15			
Estado de la válvula:	Abierta	-	-	-			
Conexión:	Aceptar	Aceptar	Aceptar	Aceptar			
Resultado:	✓	✓	✓	✓		✓	

Fuente: Software coolselector

## FIGURA N°2.11 SOFTWARE COOLSELECTOR SELECCIÓN DE VÁLVULAS EN LÍNEA DE DESCARGA DE LA BOMBA DEL TANQUE DE RECIRCULACIÓN

Condiciones de funcionamiento:

Capacidad: Capacidad de refrigerar: 1076 kW Caudal máxico en la línea: 12100 kg/h Capacidad de calefacción: 1303 kW	Evaporación: Temperatura: -5.5 °C Recalentamiento antes del compresor: 0 K	Condensación: Temperatura: 30.0 °C Subenfriamiento: 2.0 K Subenfriamiento adicional: 0 K	Adicional: <input type="checkbox"/> Temperatura de descarga: 106.6 °C Tasa de circulación: 4.00 Presión Diferencial de la bomba: 3.000 bar
--	--	---	---

Conexión:  
 Tamaño ajustado de la conexión: ANSI 3" (80)    Velocidad: 1.09 m/s

	Bombeo	Tubería de acero ANSI 2 1/2	SCA 65	Evaporador	Total
DP de distribución:		61%	39%		
Longitud [m]:		30.00	-		
Ángulo [°]:		0	-		
DP [bar]:		0.084	0.054		0.138
DT_sat [K]:		0.4	0.2		0.6
Velocidad, entrada [m/s]:		1.69	1.34		
Estado de la válvula:		-	Parcialmente abierta		
Conexión:		Aceptar	Aceptar		
Resultado:		✓	✓	✓	

Fuente: Software coolselector

**FIGURA N°2.12**  
**SOFTWARE COOLSELECTOR SELECCIÓN DE VÁLVULAS EN LÍNEA**  
**DE ALIMENTACIÓN DE LÍQUIDO AL TANQUE DE RECIRCULACIÓN**

Condiciones de funcionamiento:

Capacidad:  
 Capacidad de refrigeración: 1076 kW  
 Caudal máxico en la línea: 3445 kg/h  
 Capacidad de calefacción: 1303 kW

Evaporación:  
 Temperatura: -5.5 °C  
 Recalentamiento antes del compresor: 0 K

Condensación:  
 Temperatura: 30.0 °C  
 Subenfriamiento: 2.0 K  
 Subenfriamiento adicional: 0 K

Adicional:  
 Temperatura de descarga: 106.6 °C  
 Tasa de circulación: 4.00  
 Presión Diferencial de la bomba: 3.000 bar

Conexión:  
 Tamaño ajustado de la conexión: ANSI 1 1/2" (40) Velocidad: 1.40 m/s

	Condensador	Condensador	Condensador	Condensador	Condensador	Condensador	Condensador	Condensador	Condensador	Separador
DP de distribución:	0%	0%	1%	74%	4%	8%	8%	5%		Total
Longitud [m]:	-	10.00	-	-	-	-	-	10.00	-	-
Ángulo [°]:	-	0	-	-	-	-	-	0	-	-
Número:	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capacidad máxima [kW]:	-	-	-	1871	-	-	-	-	-	-
Capacidad mínima [kW]:	-	-	-	5.899	-	-	-	-	-	-
Carga [%]:	-	-	-	57	-	-	-	-	-	-
DP [bar]:	0.003	0.006	0.044	6.056	0.367	0.644	0.637	0.434	8.192	
DT_sat [K]:	0.0	0.0	0.1	22.7	1.9	3.6	4.0	3.0	35.5	
Velocidad, entrada [m/s]:	1.40	0.74	1.10	4.10	12.67	14.50	23.67	24.00		
Estado de la válvula:	-	-	Parcialmente abierta	Abierta	Abierta	-	-	Abierta		
Conexión:	Aceptar	No	No	No	No	Aceptar	Aceptar	Aceptar		
Resultado:	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓

Fuente: Software coolselector

**FIGURA 2.13**  
**SOFTWARE COOLSELECTOR SELECCIÓN DE VÁLVULAS DE**  
**SEGURIDAD PARA EL TANQUE DE RECIRCULACIÓN.**

Cálculos según la norma EN 13136:2013

Alivio externo (a la atmósfera) Refrigerante: R717 (Ammonia)  
 Alivio interno Presión de salida absoluta: 1.000 bar

Agregar válvula (descarga del recipiente)  Agregar válvula (descarga del compresor)

✓ Recipiente 1

Pérdidas a la salida

Condiciones de funcionamiento:  
 Válvula de seguridad de alivio y válvula de tres vías  
 Presión de referencia (manométrica): 12.00 bar  
 Temperatura de entrada: 35.7 °C

Selección de válvulas:  
 SPV 20 + DSV 2 (25-25)

Resultados:  
 Presión de alivio, absoluta: 14.20 bar  
 Capacidad requerida: 716.1 kg/h  
 Capacidad seleccionada para la válvula: 1310 kg/h  
 Capacidad ajustada de la válvula: 1048 kg/h  
 Pérdida de presión a la entrada: 0.111 bar 0.8 %  
 Pérdida de presión a la salida: 0 bar 0.0 %  
 Resultado: Aceptar

Recipiente cilíndrico Diámetro: 1.37 m  
 Recipiente con forma de caja Longitud: 4.46 m  
 Área conocida

Fuente: Software coolselector

Para mantener el nivel de operación adecuado se procederá con la instalación de un control de nivel electrónico que trabajará en conjunto con la válvula motorizada instalada en la línea de alimentación de líquido al tanque recirculador. Para evitar los altos y bajos niveles de operación se procederá con la selección de dos controles de nivel de contacto seco.

FIGURA N°2.14  
CONTROLADOR DE CONTACTO SECO AKS 38



Ficha técnica de control de nivel Danfoss

FIGURA N°2.15  
CONTROLADOR DE NIVEL ELECTRÓNICO AKS 4100

*AKS 4100/4100U: Versión CABLE*



Ficha técnica de control de nivel Danfoss

Los controles mostrados en las imágenes 2.14 y 2.15 se instalarán en una columna de nivel del tanque de recirculación.

El listado final de válvulas para el tanque de recirculación se mostrará en el capítulo 3, ítem 3.1.

- **Tanque termorecibidor**

La selección de válvulas para el tanque termorecibidor dependerá de los diámetros nominales presentes en las conexiones que presenta el diseño del tanque.

TABLA N°2.14  
DIMENSIÓN DE CONEXIONES SEGÚN EL MODELO DEL TAQUE  
TERMORECIBIDOR.

MODEL NUMBER	Nozzle/ Coupling NPS <sup>(4)</sup> <sup>(6)</sup>									AL	BL	CL	EL	FL	JL/G2L	KL
	A	B	C	E	F	G1	H	J	K							
VHPTSR-24-112	2	1/2	3/4	2½	1¼	1¼	3/4	2	2½	6	6	6	6	3	65½	4
VHPTSR-24-136	2	1/2	3/4	2½	1¼	1¼	3/4	2	2½	6	6	6	6	3	89½	4
VHPTSR-30-113	2½	1/2	3/4	3	1¼	1¼	3/4	2½	3	7½	7½	7½	7½	3	63½	4
VHPTSR-30-137	2½	1/2	3/4	3	1¼	1¼	3/4	2½	3	7½	7½	7½	7½	3	87½	4
VHPTSR-36-116	3	1/2	3/4	4	1½	1¼	3/4	3	4	9	9	9	9	3	63½	4
VHPTSR-36-140	3	1/2	3/4	4	1½	1¼	3/4	3	4	9	9	9	9	3	87½	4
VHPTSR-42-119	3	1/2	3/4	4	1½	1¼	3/4	3	4	10½	10½	10½	10½	3	63½	4
VHPTSR-42-143	3	1/2	3/4	4	1½	1¼	3/4	3	4	10½	10½	10½	10½	3	87½	4
VHPTSR-48-122	4	1/2	3/4	5	2	1¼	3/4	4	5	12	12	12	12	3	62½	5
VHPTSR-48-146	4	1/2	3/4	5	2	1¼	3/4	4	5	12	12	12	12	3	86½	5
VHPTSR-54-125	5	3/4	3/4	6	2½	1¼	1	5	6	13½	13½	13½	13½	4	61½	6
VHPTSR-54-149	5	3/4	3/4	6	2½	1¼	1	5	6	13½	13½	13½	13½	4	86½	6
VHPTSR-54-175	5	3/4	3/4	6	2½	1½	1	5	6	13½	13½	13½	13½	4	111½	6
VHPTSR-60-152	6	3/4	3/4	8	3	1½	1	6	8	15	15	15	15	4	84	8
VHPTSR-60-178	6	3/4	3/4	8	3	1½	1	6	8	15	15	15	15	4	110	8
VHPTSR-60-202	6	3/4	3/4	8	3	1½	1	6	8	15	15	15	15	4	134	8
VHPTSR-72-158	8	3/4	1	10	4	1½	1	8	10	18	18	18	18	5	82	10
VHPTSR-72-184	8	3/4	1	10	4	1½	1	8	10	18	18	18	18	5	108	10
VHPTSR-72-208	8	3/4	1	10	4	1½	1	8	10	18	18	18	18	5	132	10
VHPTSR-84-164	10	1	1	12	5	1½	1	10	12	21	21	21	21	6	80	12
VHPTSR-84-190	10	1	1	12	5	1½	1	10	12	21	21	21	21	6	106	12
VHPTSR-84-214	10	1	1	12	5	1½	1	10	12	21	21	21	21	6	130	12
VHPTSR-96-196	10	1	1	12	5	1½	1	10	12	24	24	24	24	6	106	12
VHPTSR-96-220	10	1	1	12	5	1½	1	10	12	24	24	24	24	6	130	12

Fuente: Ficha técnica de tanques Frick

El modelo del tanque seleccionado es VHPTSR 54 175 y según la tabla 2.10 e imagen 2.5 tenemos las siguientes conexiones:

- Ingreso de líquido: :5in
- Alimentación de líquido a tanques recirculadores: :2 1/2in
- Retorno de enfriadores de aceite: :6in
- Alimentación a enfriadores de aceite :5in
- Ventosa de tanque termorecibidor :6in

El tanque termorecibidor solo contara con dos columnas de nivel con visores para observar el nivel de amoniaco líquido presente en el tanque y todas las válvulas a instalarse serán de apertura y cierre manual.

- **Condensadores**

La selección de válvulas correspondiente a los condensadores se realizará de acuerdo con su capacidad de condensación del refrigerante y luego se utilizará el programa Coolselector para seleccionar el diámetro nominal adecuado para la válvula. Los datos de capacidad fueron brindados por el área de mantenimiento de la planta Backus, siendo los siguientes:

- CONDENSADOR SEMCO: 685 420 Kcal/hr
- CONDENSADOR VILTER: 257 140 Kcal/hr
- CONDENSADOR SULZER: 420 540 Kcal/hr
- CONDENSADOR BALTIMORE: 800 000 Kcal/hr

Obtenidos los datos de capacidad se procederá con el uso del Software Coolselector para:

- Condensador SEMCO

**FIGURA N°2.16**  
**SOFTWARE COOLSELECTOR, SELECCIÓN DE VÁLVULAS PARA**  
**INGRESO DE AMONIACO AL CONDENSADOR**

Condiciones de funcionamiento:

Capacidad:	Evaporación:	Condensación:
Capacidad de refrigerar: 797.0 kW	Temperatura: -5.5 °C	Temperatura: 30.0 °C
Caudal másico en la línea: 2553 kg/h	Recalentamiento antes del compresor:	Subenfriamiento: 2.0 K
Capacidad de calefacción: 965.2 kW	0 K	Subenfriamiento adicional: 0 K

Conexión:

Tamaño ajustado de la conexión: ANSI 1/2" (15) Velocidad: 711.1 m/s

	Compressor	Condensador	Total
DP de distribución:	31%	69%	
Longitud [m]:	5.00	-	
Ángulo [°]:	0	-	
DP [bar]:	0.019	0.043	0.062
DT_sat [K]:	0.1	0.1	0.2
Velocidad, entrada [m/s]:	22.43	20.04	
Estado de la válvula:	-	Abierta	
Conexión:	Aceptar	Aceptar	
Resultado:	✓	✓	✓

Fuente: Software coolselector

**FIGURA N°2.17**  
**SOFTWARE COOLSELECTOR, SELECCIÓN DE VÁLVULAS PARA**  
**SALIDA DE AMONIACO DEL CONDENSADOR**

Condiciones de funcionamiento:

Capacidad:	Evaporación:	Condensación:
Capacidad de refrigerar: 797.0 kW	Temperatura: -5.5 °C	Temperatura: 30.0 °C
Caudal másico en la línea: 2553 kg/h	Recalentamiento antes del compresor:	Subenfriamiento: 2.0 K
Capacidad de calefacción: 965.2 kW	0 K	Subenfriamiento adicional: 0 K

Conexión:

Tamaño ajustado de la conexión: ANSI 2 1/2" (65) Velocidad: 0.38 m/s

	Condensador	Separador	Total
DP de distribución:	56%	44%	
Longitud [m]:	10.00	-	
Ángulo [°]:	0	-	
DP [bar]:	0.001	0.001	0.003
DT_sat [K]:	0.0	0.0	0.0
Velocidad, entrada [m/s]:	0.38	0.31	
Estado de la válvula:	-	Abierta	
Conexión:	Aceptar	Aceptar	
Resultado:	✓	✓	✓

Fuente: Software coolselector

## - **Tuberías y Accesorios**

El diámetro de las tuberías será seleccionado mediante las siguientes tablas que son resultados de procedimientos de ingeniería estandarizados por la empresa York Refrigeration, que son adoptados para los proyectos de ingeniería.

Las tablas presentadas a continuación serán muy útiles para las troncales de amoniaco definidas como: Succión Húmeda, Succión Seca, Descarga de bomba, Liquido de alta presión de condensadores, Descarga de Compresores y Enfriadores de aceite. Debemos mencionar que las tuberías troncales de succión húmeda, succión seca y liquido bombeado ya fueron seleccionadas anteriormente en la selección de válvulas del tanque recirculador.

A continuación, presentamos las siguientes tablas de selección de diámetros de tuberías de acuerdo con su máxima capacidad frigorífica:

TABLA N°2.15  
DIÁMETRO DE TUBERÍAS PARA DESCARGA DE COMPRESOR

Unidade: Kcal/h

Diâm. nom. em pol. mat. aço	Diâm. nom. em mm mat. aço	TABELA 1-3	TABELA 1-5 A
		IIAR	
		BAIXA	ALTA
		PRESSÃO	PRESSÃO
		<b>Td = 66 °C</b>	<b>Td = 79 °C</b>
1/2"	15	3.565	8.495
3/4"	20	7.526	17.934
1"	25	14.213	33.869
1 1/4"	32	26.611	62.597
1 1/2"	40	37.195	88.301
2"	50	73.786	174.182
2 1/2"	65	107.352	253.714
3"	80	169.949	401.587
4"	100	302.400	713.664
5"	125	486.864	1.149.120
6"	150	716.688	1.690.416
8"	200	1.306.368	3.084.480
10"	250	2.059.344	4.862.592
12"	300	3.005.856	7.103.376
14"	350	3.701.376	8.745.408
16"	400	4.971.456	11.742.192
18"	450	6.471.360	15.283.296
20"	500	8.098.272	19.129.824
24"	600	12.023.424	28.404.432

Fuente: Ficha técnica de procedimientos de ingeniería YORK refrigeration.

TABLA N°2.16  
DIÁMETRO DE TUBERÍAS PARA LIQUIDO DE ALTA PRESIÓN

Unidade: Kcal/h

Diâm. nom. em pol. mat. aço	Diâm. nom. em mm mat. aço	TABELAS IIAR				
		1-7A	1-7B	1-8	1-10	1-11
		1/2"	15	18.144	27.216	95.558
3/4"	20	43.848	65.923	176.602	48.686	88.906
1"	25	72.576	108.864	293.630	84.672	154.526
1 1/4"	32	151.200	226.800	541.296	156.038	284.861
1 1/2"	40	232.848	349.272	768.096	220.450	402.192
2"	50	423.360	635.040	1.499.904	436.666	795.312
2 1/2"	65	665.280	997.920	2.204.496	636.552	1.162.123
3"	80	1.134.000	1.702.512	3.507.840	1.000.944	1.826.496
4"	100	2.237.760	3.356.640	5.645.808	1.778.112	3.247.776
5"	125	3.991.680	5.987.520	9.979.200	2.866.752	5.231.520
6"	150	6.138.720	9.208.080	14.787.360	4.209.408	7.683.984
8"	200	12.700.800	19.051.200	26.278.560	7.553.952	13.780.368
10"	250	21.062.160	31.594.752	42.336.000	12.059.712	22.014.720
12"	300	33.203.520	49.805.280	62.294.400	17.696.448	32.308.416

Fuente: Ficha técnica de procedimientos de ingeniería YORK refrigeration.

### **2.2.1.3. Suministro de equipos**

El suministro de equipos se inicia a partir de una comunicación previa con el proveedor por vía email o telefónica, en donde se solicitará una cotización del equipo a suministrar de acuerdo a las características de selección que se indicaron en el ítem anterior, luego se procede con la generación de una orden de compra y pagos de adelanto a realizar por la fabricación del equipo.

Los equipos serán suministrados de acuerdo con las selecciones realizadas en el ítem anterior. Todos los equipos excepto las tuberías serán importadas, por ello se debe muy claro el tiempo que demorara en fabricación y envío del equipo en el cronograma del proyecto.

El fabricante proporcionara los planos finales de fabricación, estos serán muy importantes para poder realizar la logística local como el desaduanaje y envío de equipos al local del cliente, además los planos finales de fabricación nos servirán para poder realizar el layout de distribución de equipos en el cuarto de máquinas.

### **2.2.1.4. Montaje mecánico**

El montaje mecánico constituye en la instalación insitu de los equipos suministrados, para ello el equipo de trabajo formado para las distintas actividades debe tener bien claro la magnitud de la instalación, para ello se proporcionarán los siguientes planos:

- P&D o Diagrama de Flujo de amoniaco (ANEXO 1)

- Layout de ubicación de equipos en sala de máquinas (ANEXO 2).
- Isométrico de instalación de tuberías y equipos (ANEXO 3).

Los planos mencionados serán manejados principalmente con residente de obra, quien estará a cargo de todo el proceso de instalación de los equipos.

La instalación de los equipos y tuberías tendrán como base principal las recomendaciones proporcionadas por el IIAR, además se debe tener presente las recomendaciones proporcionadas por el fabricante de los equipos, especialmente en las válvulas para amoniaco.

Todo personal involucrado deberá estar totalmente certificado y capacitado para realizar los trabajos de la instalación mecánica, en especial los soldadores deberán contar con la homologación 6G para realizar los procesos de soldadura durante la instalación.

#### **2.2.1.5. Aislamiento Térmico de tuberías**

La dimensión del aislamiento térmico será obtenida a partir de tablas proporcionada por la empresa INYCON PERU S.A.C., para ello debemos tener presente lo siguiente.

Temperatura de evaporación:  $-5.5^{\circ}\text{C}$

Temperatura del ambiente:  $30^{\circ}\text{C}$

Los siguientes datos son ingresados al sistema obteniendo el siguiente cuadro de selección de espesores para distintos diámetros de tuberías

**TABLA N°2.17**  
**ESPEORES DE AISLAMIENTO PARA DIFERENTES DIÁMETROS**  
**DE TUBERÍAS**

Diam/To-Ti	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
3/8	25	25	40	40	50	50	50	65	65	65	75
1/2	25	25	40	40	50	50	65	65	65	65	75
3/4	25	25	40	50	50	50	65	65	65	65	75
1	25	25	40	50	50	65	65	65	65	75	75
1 1/4	25	25	50	50	50	65	65	65	65	75	75
1 1/2	25	40	50	50	65	65	65	75	75	75	90
2	25	40	50	50	65	65	75	75	75	75	90
2 1/2	25	40	50	65	65	65	75	75	75	90	90
3	25	40	50	65	65	75	75	75	90	90	90
4	25	40	50	65	65	75	75	75	90	90	90
5	25	50	50	65	65	75	75	90	90	90	115
6	40	50	65	65	75	75	75	90	90	90	115
8	40	50	65	65	75	75	90	90	115	115	115
10	40	50	65	75	75	90	90	90	115	115	115
12	40	50	65	75	90	90	90	115	115	115	115
14	40	50	65	75	90	90	90	115	115	115	125

Fuente: Hoja de excel cálculo de espesor de aislamiento INYCON PERU S.A.C.

### 2.2.1.6. Puesta en marcha del sistema

La puesta en marcha de los equipos instalados se realizará mediante los siguientes pasos:

- Limpieza interna del sistema de tuberías

La limpieza interna de tuberías es muy importante realizarse debido a que en los procesos de corte y soldadura se generó el ingreso de partículas metálicas al interior de las tuberías, para ello debemos seccionar o aislar los equipos instalados mediante el cierre manual de las válvulas de paso y realizar un barrido total con nitrógeno a una

determinada presión, terminado el proceso de barrido se deberá limpiar los filtros instalados en las tuberías.

- Presurización de tuberías

Para verificar la hermeticidad del recorrido de tuberías será necesario presurizar con nitrógeno gaseoso a distintas presiones de control.

Primer y segundo día de presurización las tuberías mantendrán una presión de 3bar.

Tercer día de presurización las tuberías mantendrán una presión de 6bar.

Cuarto día de presurización las tuberías mantendrán una presión de 10bar.

Quinto día de presurización las tuberías mantendrán una presión de 12bar.

La presurización será realizada principalmente a las tuberías y válvulas, los equipos no serán presurizados debido a las certificaciones de fabrica que presentan cada uno de ellos.

- Deshumidificación de los equipos

Este proceso es también conocido como el vacío de tuberías, para ello se necesitará una bomba de vacío y la habilitación total de todo el recorrido tuberías (válvulas totalmente abiertas), para el retiro de la humedad presente en el sistema.

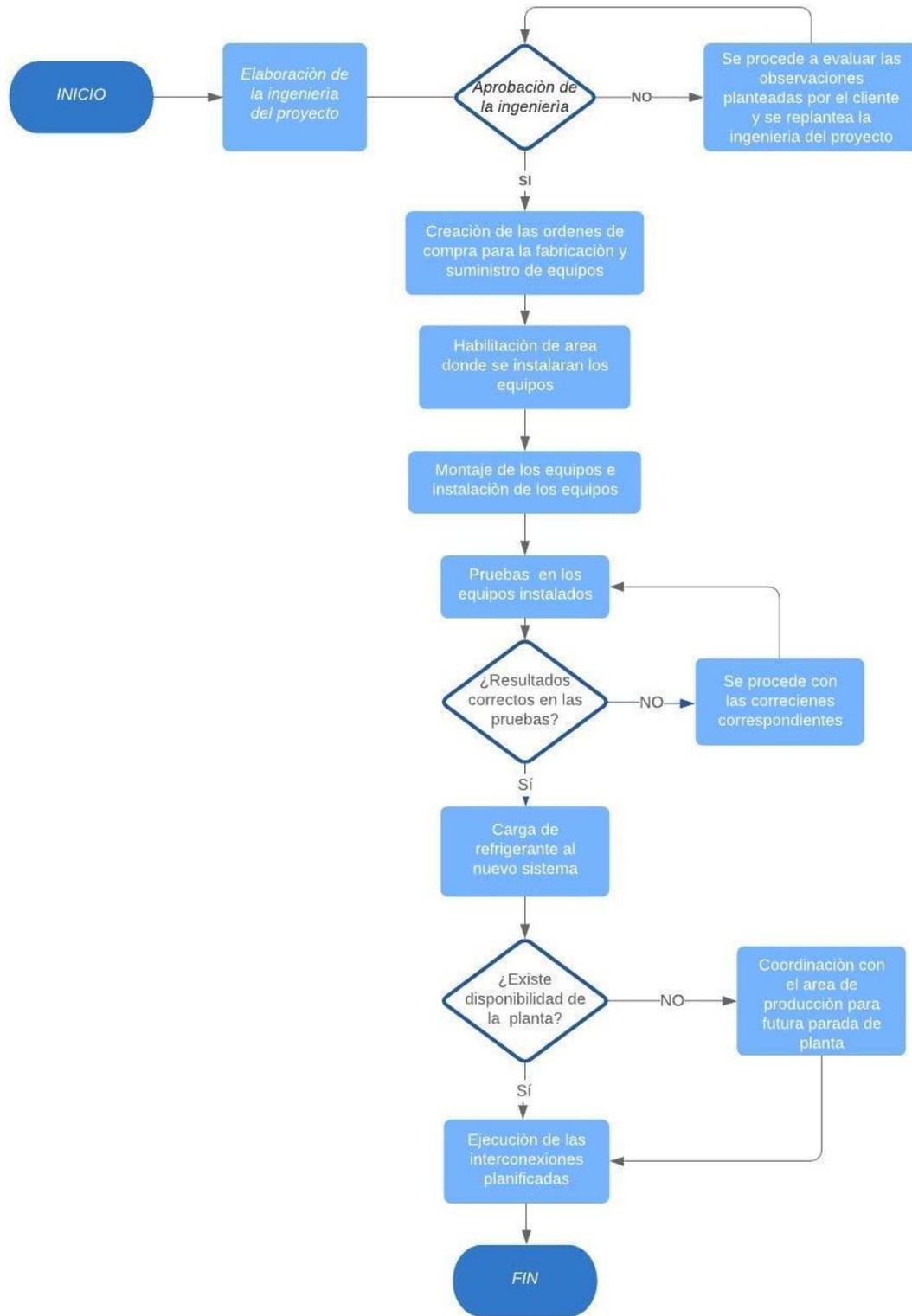
- Pruebas eléctricas en los equipos

Antes de proceder con el arranque del sistema de refrigeración se debe realizar las pruebas eléctricas de los equipos, en donde principalmente se debe verificar el sentido de giro del motor (muy importante en los compresores de tipo tornillo), habilitación de las señales de encendido y apagado de los equipos, válvulas y controles electrónicos.

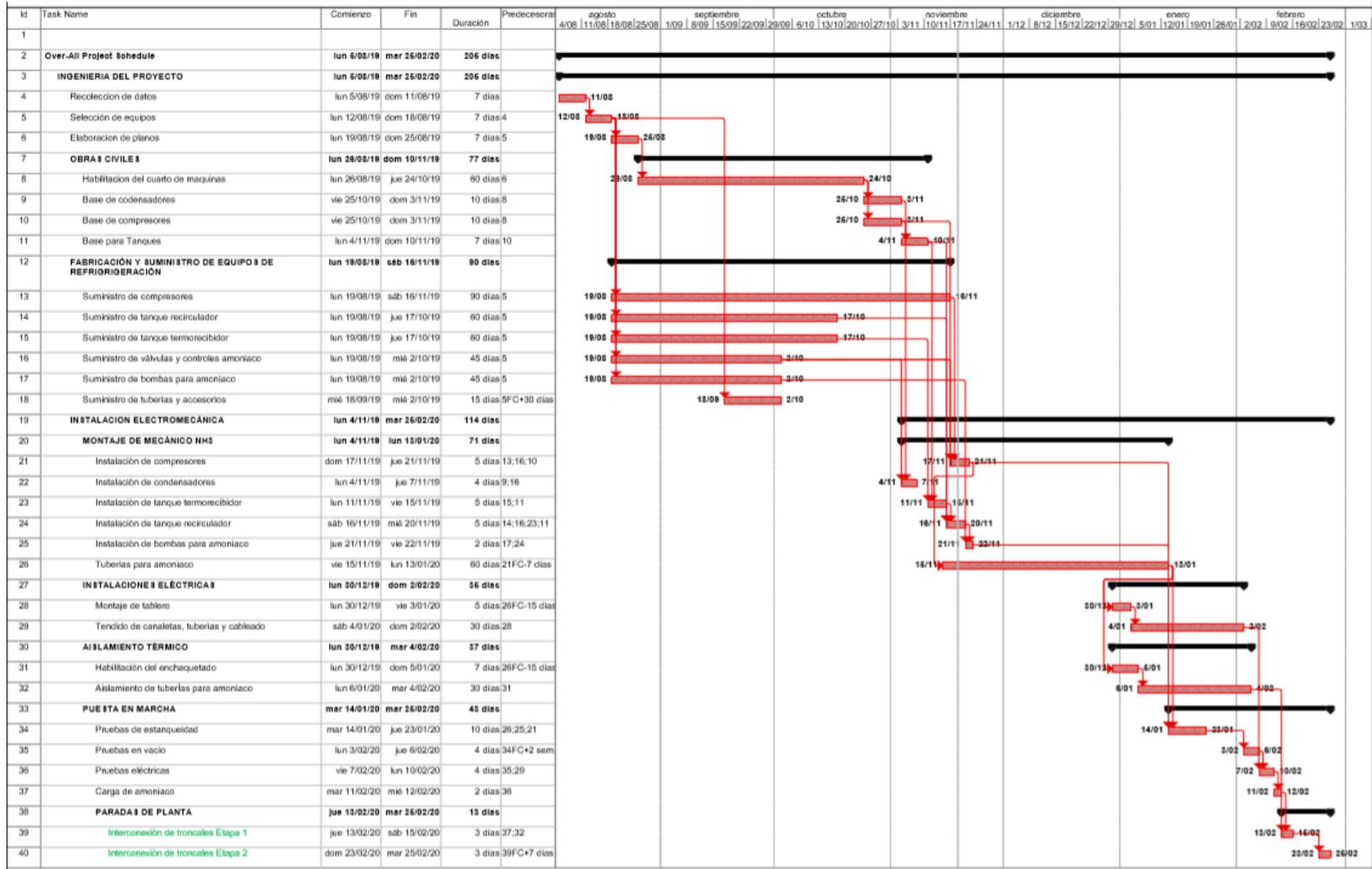
- Presurización del sistema con amoníaco y arranque de los equipos

Culminado todas las actividades descritas anteriormente se procederá con la presurización del sistema con amoníaco y operatividad de los equipos, para ello es necesario solicitar una parada de planta por un tiempo definido para no alterar el proceso de producción de la planta.

## 2.2.2. Diagrama de flujo



### 2.2.3. Cronograma de actividades



### **III. APORTES REALIZADOS**

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

El proceso de instalación de compresores, equipos de almacenamiento se realizarán en dos etapas de interconexiones:

- **Primera etapa**

En esta etapa se considera la implementación de un sistema de refrigeración para atender la demanda del enfriador de agua, mover los difusores de los tanques de maduración al tanque separador de baja ubicado en la nueva sala de máquinas.

Para ello estamos considerando implementar una nueva sala de máquinas con dos compresores en la primera etapa y dejar proyectado la instalación de un compresor para la segunda etapa, aerocondensadores disponibles de Planta San Mateo, un tanque de bombeo y un tanque termorecibidor.

Para esta etapa se considera detener los difusores de los tanques de maduración por un tiempo de 6 horas para realizar la carga de amoniaco al nuevo sistema. Se considera que este equipo podría trabajar en el sistema actual en caso de emergencia.

En esta etapa se moverán los tanques de cosecha, propagación y dosificación de levadura y realizara la implementación de un tanque de fermentación de 2800HL.

- **Segunda etapa**

En esta etapa se considera mover el enfriador de cerveza verde y la sala de lúpulo al nuevo sistema, conectar el condensador Baltimore.

Para efectuar los trabajos descritos será necesario detener la operación del enfriador de cerveza verde y la sala de lúpulo por un lapso de 12 horas.

En esta etapa se considera mover el tanque de bombeo 2 de la zona de fermentación al nuevo sistema y la reutilización de un condensador Baltimore correspondiente al sistema antiguo.

Es necesario el suministro y la instalación de un tanque de purga de aceite al Tanque de bombeo Nro.2, debido a que en nuestro sistema encontraremos la presencia de aceite.

- **Etapa opcional**

En esta etapa se considera implementar una nueva sala de máquinas para el tanque acumulador de la zona de filtrado, para ello es necesario la compra de 02 compresores y 01 tanque termorecibidor.

### 3.2. Evaluación Técnico-Económica

TABLA N°3.1  
COSTOS DE LOS EQUIPOS Y MANO DE OBRA A SUMINISTRAR

Ítem	Descripción	Uni.	Cant.			SUB TOTAL
				P.U.	PARCIAL	
	<b>EQUIPOS DE REFRIGERACION</b>					<b>437,177.78</b>
	<b>COMPRESORES</b>				<b>280,024.60</b>	
1.0	Compresor -5.5°C/35°C 160L	Pza.	2.00	69,900.00	139,800.00	
2.0	Compresor -5.5°C/35°C 200L	Pza.	1.00	140,224.60	140,224.60	
	<b>EQUIPOS DE SALA DE MAQUINAS</b>				<b>56,401.13</b>	
3.0	Bombas de amoniaco sistema -5.5°C.	Pza.	2.00	8,976.56	17,953.13	
4.0	Purgador de agua	Pza.	1.00	20,648.00	20,648.00	
5.0	Purgador de aire	Pza.	1.00	17,800.00	17,800.00	
	<b>TANQUES</b>				<b>54,404.20</b>	
6.0	Tanque de bombeo -5.5°C 1 000 000 kcal/h (306TR)	Pza.	1.00	20,321.32	20,321.32	
7.0	Tanque termorecibidor vertical 6000 L	Pza.	1.00	30,188.89	30,188.89	
8.0	Tanque de purga de aceite 8 x 36"	Pza.	2.00	1,946.99	3,893.99	
	<b>VALVULAS Y CONTROLES</b>				<b>46,347.85</b>	
9.0	Válvulas de amoniaco	Pza.	1.00	46,347.85	46,347.85	
	<b>MATERIALES</b>				<b>56,250.00</b>	<b>56,250.00</b>
10.0	Tuberías y accesorios de amoniaco	Total	1.00	35,625.00	35,625.00	
11.0	Materiales de aislamiento térmico (Poliuretano, aluminio, consumibles)	Total	1.00	20,625.00	20,625.00	
	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>94,062.50</b>	<b>94,062.50</b>
12.0	Montaje de equipos	Total	1.00	17,500.00	17,500.00	
13.0	Tendido de tuberías de amoniaco	Total	1.00	52,500.00	52,500.00	
14.0	Aislamiento térmico	Total	1.00	24,062.50	24,062.50	
	<b>PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA</b>				<b>5,700.00</b>	<b>5,700.00</b>
15.0	Pruebas de presión	Total	1.00	750.00	750.00	
16.0	Vacío del sistema	Total	1.00	1,125.00	1,125.00	
17.0	Carga de refrigerante	Total	1.00	1,500.00	1,500.00	
18.0	Puesta en marcha	Total	1.00	750.00	750.00	
19.0	Limpieza de filtros	Total	1.00	1,575.00	1,575.00	
	<b>FLETES</b>				<b>20,400.00</b>	<b>20,400.00</b>
20.0	Fletes	Total	1.00	10,500.00	10,500.00	
21.0	Grúas	Total	1.00	9,900.00	9,900.00	
	<b>OBRAS PROVINCIALES Y GASTOS GENERALES</b>				<b>11,465.53</b>	<b>11,465.53</b>
22.0	Oficina	Total	1.00	678.03	678.03	
23.0	Almacenes	Total	1.00	512.50	512.50	
24.0	Viáticos	Total	1.00	4,500.00	4,500.00	
25.0	Supervisión, Prevencionista de riesgos.	Total	1.00	5,775.00	5,775.00	
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>USD</b>	<b>625,055.81</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Análisis de resultados

En el diseño del sistema correspondiente a la instalación de los compresores tipo tornillo auto lubricado se considera muy importante mejorar la eficiencia energética y utilizar las recomendaciones de diseño del IIAR. Se consideró reutilizar la mayor cantidad de equipos, para lo cual se evaluó la capacidad de los tanques con lo que llegamos a la conclusión que no era posible reutilizar el tanque de recirculación externo ya que no cumplía con la capacidad requerida. Finalmente determinamos que es necesario la implementación de los siguientes equipos:

#### 3.3.1. Compresor de amoníaco

-	Modelo	: 200-VLD
	Capacidad	: 979 165 kcal/h.
	Temperatura de evaporación	: -5.4°C (2.5 bar)
	Temperatura de condensación	: +35°C.
	Consumo	: 204.64 kW
	Tipo de enfriamiento	: Termosifón
	Cantidad	: 01
-	Modelo	: 160-VLD
	Capacidad	: 488 110 kcal/h.
	Temperatura de evaporación	: -5.4°C (2.5 bar)
	Temperatura de condensación	: +35°C

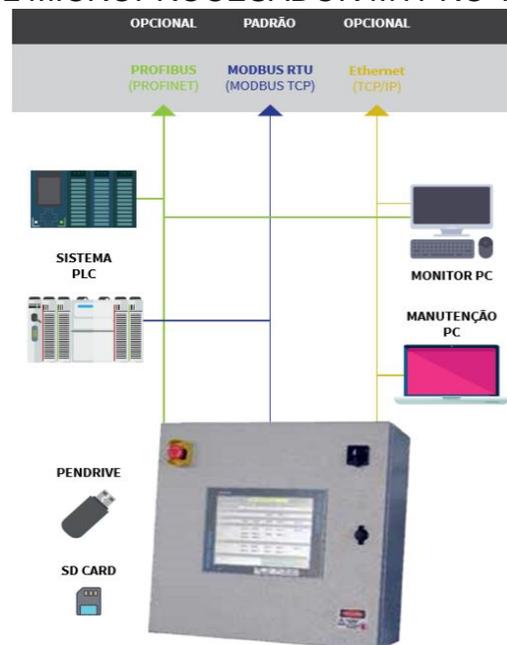
Consumo aproximado	: 104.96 kW
Tipo de enfriamiento	: Termosifón
Cantidad	: 02

Se adjunta plano del compresor en el Anexo 4.

El motor del compresor se suministrará con 10% mayor al consumo al 100% de capacidad y preparado para asumir el consumo de un economizador.

Los compresores de la serie VLD presentan el panel microprocesador MYPRO TOUCH, el microprocesador asegura el monitoreo de todos los dispositivos de seguridad y control. Posee un protocolo abierto de comunicación Modbus y un sistema de autodiagnóstico integrado que ofrece un registro de alarmas y fallas. Además de gráficos y tendencias de diferentes parámetros como temperatura presión, corriente eléctrica y capacidad.

FIGURA N°3.1  
PANEL MICROPROCESADOR MYPRO TOUCH



Fuente: Ficha técnica de compresores Mayekawa

### **3.3.2. Tanque de bombeo vertical**

Modelo	: PVR36
Capacidad	: 1,296,794 kcal/h.
Temperatura de evaporación	: -5.4°C (2.5 bar)
Diámetro 36"	: 914.4 mm.
Longitud 119"	: 3022.6 mm.
Alimentación de líquido	: 30°C.
Tasa de recirculación	: 4.

Se adjunta plano del tanque de bombeo en el Anexo 5.

### **3.3.3. Tanque de purga de aceite para tanque de recirculación vertical**

Diámetro	: 203.2 mm.
Longitud	: 914.4 mm.
Calefactor	: 1.5 kW.

### **3.3.4. Tanque de purga de aceite para tanque de recirculación horizontal**

Diámetro	: 250 mm.
Longitud	: 914 mm.
Calefactor	: 1.5 kW.

Debido a la presencia de aceite en el sistema de refrigeración es necesario la instalación de un tanque de purga de aceite en el tanque de recirculación Nro.2.

### **3.3.5. Bombas de amoníaco herméticas.**

Refrigerante:	: Amoníaco.
Caudal	: 18.71 m <sup>3</sup> /h.
Presión	: 47.35 mca.
Cantidad	: 02

Se adjunta ficha técnica de selección de bomba en el Anexo 6.

Realizaremos el suministro de dos bombas manteniendo una bomba en funcionamiento, mientras que la otra bomba estará habilitada para operar cuando se presenta un mantenimiento o falla de la segunda bomba.

### **3.3.6. Tanque termorecibidor vertical.**

Refrigerante:	: Amoniaco.
Modelo	: VHPTRS 54 175.
Diámetro	: 1372 mm.
Longitud	: 4458 mm.
Volumen	: 5989 L.

Se adjunta plano del tanque termorecibidor en el Anexo 7.

### **3.3.7. Purgador de aire.**

Se considera un purgador de aire de 08 puntos para el sistema de refrigeración.

El purgador de aire debe de ser automático.

Se adjunta plano del purgador de aire en el Anexo 8.

### **3.3.8. Purgador de agua.**

Se considera un purgador de agua instalado en el punto mas frio de la instalación (tubería de succión de bombas de amoniaco), en la marca Phillips.

Se adjunta plano del purgador de agua en el Anexo 9.

### 3.3.9. Válvulas y tuberías

Se considera una lista de válvulas y controles para las 02 etapas de implementación de la sala de máquinas con los compresores de tornillo auto lubricados.

TABLA N°3.2  
LISTADO DE VALVULAS PARA LA ETAPA 1

ITEM	TOTAL	CODIGO	DESCRIPCION	MODELO	Ø	MARCA
1	9	148F3218	Safety valve	SFA 15 G 15mm 1/2"	1/2"	Danfoss
2	6	148F3019	Conectores	Set de conectores SFA 15	1/2"	Danfoss
3	6	148B5292	Shut-off valve	SVA-S SS15 RECTA CAP	1/2"	Danfoss
4	3	148B5821	Shut-off valve	SVA -S 65 ANGULAR CAP	2 1/2"	Danfoss
5	9	148B5290	Shut-off valve	SVA-S SS15 ANGULAR CAP	1/2"	Danfoss
6	5	148B5711	Shut-off valve	SVA -S 50 RECTA CAP	2"	Danfoss
7	4	032F6215	Solenoid Valve	EVRA 15	1/2"	Danfoss
8	4	006-1012	Strainer	FA 15 Filtro Para EVRA/T 15	1/2"	Danfoss
9	4	027N1115	Tongue Flanges	Flanges para EVRA/T15	1/2"	Danfoss
10	5	018F6714	Coil	Coil 220V 10W IP67		Danfoss
11	1	148B5901	Shut-off valve	SVA -S 80 ANGULAR CAP	3"	Danfoss
12	2	148B5831	Shut-off valve	SVA -S 65 RECTA CAP	2 1/2"	Danfoss
13	12	148B4771	Shut-off valve	SVN NPT-NPT	1/4"	Danfoss
14	7	148B6031	Shut-off valve	SVA -S 100 RECTA CAP	4"	Danfoss
15	6	148B5221	Shut-off valve	SVA -S 15 ANGULAR CAP	1/2"	Danfoss
16	1	148B3750	Shut-off valve	SVN NPT-NPT	3/8"	Danfoss
17	1	PT HP	Transmisor de presion	Transmisor 0-18bar		
18	1	148B5521	Shut-off valve	SVA -S 32 ANGULAR CAP	1 1/4"	Danfoss
19	7	148B5431	Shut-off valve	SVA -S 25 RECTA CAP	1"	Danfoss
20	7	148B5220	Shut-off valve	SVA -S 15 Angular Volante	1/2"	Danfoss
21	3	148B5620	Shut-off valve	SVA -S 40 Angular Volante	1 1/2"	Danfoss
22	2	148B5720	Shut-off valve	SVA -S 50 Angular Volante	2"	Danfoss
23	6	148B5631	Shut-off valve	SVA -S 40 RECTA CAP	1 1/2"	Danfoss
24	1	148B6331	Shut-off valve	SVA -S 200 RECTA CAP	8"	Danfoss
25	16	148B6547	Shut-off valve	SVA -L SS 15 ANGULAR CAP	1/2"	Danfoss
26	3	PT LP	Transmisor de presion	Transmisor 0-7bar		
27	9	148B5931	Shut-off valve	SVA -S 80 RECTA CAP	3"	Danfoss
28	1	148B6021	Shut-off valve	SVA -S 100 ANGULAR CAP	4"	Danfoss
29	2	148H3273	Purga	QDV15 NPT NPT	1/2"	Danfoss
30	5	SG	Visor	Vidor de liquido tipo ojo de buey	1 1/4"	

31	2	084H4500	Transmisor de nivel	AKS4100 5000MM		Danfoss
32	2	MAN H	Manómetro	24 bar. 4" con glicerina		Danfoss
33	2	148F3007	Dual valve	DSV2 1" 30 00om3/h	1	Danfoss
34	4	2416+151	Safety valve	SFV20 18 bar		Danfoss
35	1	148B5210	Shut-off valve	SVA -S 15 RECTA VOLANTE	1/2"	Danfoss
36	1	148B5209	Shut-off valve	SCA X15 ANG CAP	1/2"	Danfoss
37	1	148B5243	Shut-off valve	FIA 15 RECTA	1/2"	Danfoss
38	3	148B5754	Shut-off valve	SVA -S SS 50 ANGULAR CAP	2"	Danfoss
39	3	148B6555	Shut-off valve	SVA -L SS 25 ANGULAR CAP	1"	Danfoss
40	4	148B6548	Shut-off valve	SVA -L SS 25 ANGULAR VOLANTE	1"	Danfoss
41	2	148B6546	Shut-off valve	SVA -L SS 15 ANGULAR VOLANTE	1/2"	Danfoss
42	7	148B5231	Shut-off valve	SVA -S 15 RECTA CAP	1"	Danfoss
43	2	148B6009	Filter	FIA 100 RECTA	4"	Danfoss
44	2	017D004866	Presostato diferencial	RT 260AL, Rango: 0.5 - 4 bar, Diferencial: 0.3 bar, G3/8A	3/8"	Danfoss
45	1	MAN DIF	Manómetro	Manometro diferencial LP		
46	2	148B5802	Stop check valve	SCA65 ANG CAP	2 1/2"	Danfoss
47	2	MAN L	Manometro	12 BAR 4" con glicerina		
48	1	148B5848	Shut-off valve	SVA -S SS 65 ANGULAR CAP	2 1/2"	Danfoss
49	4	148B6551	Shut-off valve	SVA -L SS 20 ANGULAR CAP	3/4"	Danfoss
50	1	148G3195	Shut-off valve	OFV SS 25	1"	Danfoss
51	2	148H3204	Nivel	AKS 38 Con boya 038E, microswitch SPDT y bridas 1" ANSI	1"	Danfoss
52	2	148B4255	Shut-off valve	SVA -L SS 32 RECTA CAP	1 1/4"	Danfoss
53	1	148B6221	Shut-off valve	SVA -S 150 ANGULAR CAP	6"	Danfoss
54	1	148B6321	Shut-off valve	SVA -S 200 ANGULAR CAP	8"	Danfoss
55	1	ICF 25	Multi valve	ICF25-6-26DSXFXEHB	1"	Danfoss
56	1	148B5543	Filter	FIA 40 RECTA	1 1/2"	Danfoss
57	1	027H1032	Valvula electronica	ICM 20-C		Danfoss
58	1	027H0182	Actuador	ICAD 600		Danfoss
59	1	148B5331	Shut-off valve	SVA -S 20 RECTA CAP	3/4"	Danfoss
60	3	2413+116	Safety valve	DSV 15 ND(SFV15)V.SG.D1/2"	1/2"	Danfoss

Fuente: Elaboración propia

TABLA N°3.3  
LISTADO DE VALVULAS PARA LA ETAPA 2

ITEM	TOTAL	CÓDIGO	MODELO	DESCRIPCIÓN	Ø	MARCA
1	4	148F3218	Safety valve	SFA 15 G 15mm 1/2"	1/2"	Danfoss
2	2	148F3019	Conectores	Set de conectores SFA 15	1/2"	Danfoss
3	4	148B5292	Shut-off valve	SVA-S SS15 RECTA CAP	1/2"	Danfoss
4	2	148B5290	Shut-off valve	SVA-S SS15 ANGULAR CAP	1/2"	Danfoss
5	1	032F6215	Solenoide Valve	EVRA 15	1/2"	Danfoss
6	1	006-1012	Strainer	FA 15 Filtro Para EVRA/T 15	1/2"	Danfoss
7	1	027N1115	Tongue Flanges	Flanges para EVRA/T15	1/2"	Danfoss
8	1	018F6714	Coil	Coil 220V 10W IP67		Danfoss
9	1	148B5831	Shut-off valve	SVA -S 65 RECTA CAP	2 1/2"	Danfoss
10	2	148B6031	Shut-off valve	SVA -S 100 RECTA CAP	4"	Danfoss
11	1	148B5220	Shut-off valve	SVA -S 15 Angular Volante	1/2"	Danfoss
12	1	148B5620	Shut-off valve	SVA -S 40 Angular Volante	1 1/2"	Danfoss
13	1	148B5720	Shut-off valve	SVA -S 50 Angular Volante	2"	Danfoss
14	1	148B5931	Shut-off valve	SVA -S 80 RECTA CAP	3"	Danfoss
15	1	148H3273	Purga	QDV15 NPT NPT	1/2"	Danfoss
16	1	MAN H	Manómetro	24 bar. 4" con glicerina		Danfoss
17	2	148B6555	Shut-off valve	SVA -L SS 25 ANGULAR CAP	1"	Danfoss
18	2	148B6548	Shut-off valve	SVA -L SS 25 ANGULAR VOLANTE	1"	Danfoss
19	1	148B6546	Shut-off valve	SVA -L SS 15 ANGULAR VOLANTE	1/2"	Danfoss
20	1	148B4771	Shut-off valve	SNV -SS ANGULAR NPT NPT	1/4"	Danfoss

Fuente: Elaboración propia

Se verifico el diámetro de las tuberías del sistema de acuerdo con los diámetros recomendados por el IIAR (International Institute of Ammonia Refrigeration) y ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers), considerando las tuberías que trabajen a baja temperatura (-5.4°C) y tengan un diámetro menor o igual a 2 1/2" serán de acero inoxidable 304L y las demás tuberías y conexiones serán acero al carbono.

El suministro de las tuberías se considera lo siguiente:

- Las tuberías de acero inoxidable 304L serán de acuerdo con lo siguiente:

Tuberías iguales o menores a 1 1/2" SCH 40.

Tuberías mayores o igual s 2" SCH 10.

- Las tuberías de acero al carbono ASTA A53.

Tuberías iguales o menores a 1 1/2" SCH 80.

Tuberías entre 2" y 6" SCH 40.

Tuberías entre 8" y 12" SCH 20.

## **IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

### **4.1. Discusión**

El sistema de refrigeración por pistón seco es muy eficiente ya que el refrigerante(amoniaco) no tiene contacto directo con el aceite, pero sus altos costos de operación y mantenimiento debido a la antigüedad de los compresores hace que sea muy poco rentable en el sistema de refrigeración de la cervecería Backus – Cusco; con la instalación de los compresores tipo tornillo lograremos disminuir la cantidad de compresores presentes debido a la disponibilidad en mayores capacidades con la opción de controlar y regular la capacidad del compresor de acuerdo a la demanda solicitada por los usuarios de la cervecería Backus Cusco.

### **4.2. Conclusiones**

- Seleccionamos los compresores tipo tornillo de acuerdo con las condiciones de operación del sistema de refrigeración.
- Seleccionamos los equipos de almacenamiento y recirculación de amoniaco para cumplir con el suministro y almacenamiento de refrigerante necesario para todos los usuarios distribuidos en la planta Backus – Cusco.
- Seleccionamos las tuberías con los diámetros recomendados por el IIAR para la implementación de los compresores de tornillo al sistema de amoniaco.

- Seleccionamos las válvulas y el sistema de control para la seguridad de la instalación garantizando la máxima eficiencia del sistema de refrigeración.
- Instalamos los compresores tipo tornillo, los tanques de almacenamiento y recirculación garantizando la hermeticidad total del nuevo sistema.
- Controlamos la calidad de la instalación manejando los procedimientos de instalación proporcionados por el fabricante y recomendaciones del IIAR.

## **V. RECOMENDACIONES**

- Previo arranque del compresor tipo tornillo se debe verificar el sentido de giro del motor desacoplado para evitar daños futuros tornillo del compresor.
- Completadas una cantidad de horas definidas por el fabricante del compresor es muy necesario realizar el cambio de aceite y filtros pertenecientes al compresor tipo tornillo.
- Dentro de la sala de máquinas es muy necesario instalar un detector de amoniaco, este dispositivo nos ayudara a identificar posibles fugas de amoniaco dentro del ambiente.
- Todas las válvulas de seguridad suministradas deben estar certificadas, la certificación debe coincidir con el número de serie de fabricación de la válvula suministrada.
- Realizar la limpieza de los filtros mensualmente pertenecientes al sistema de refrigeración con amoniaco.

## VI. BIBLIOGRAFIA

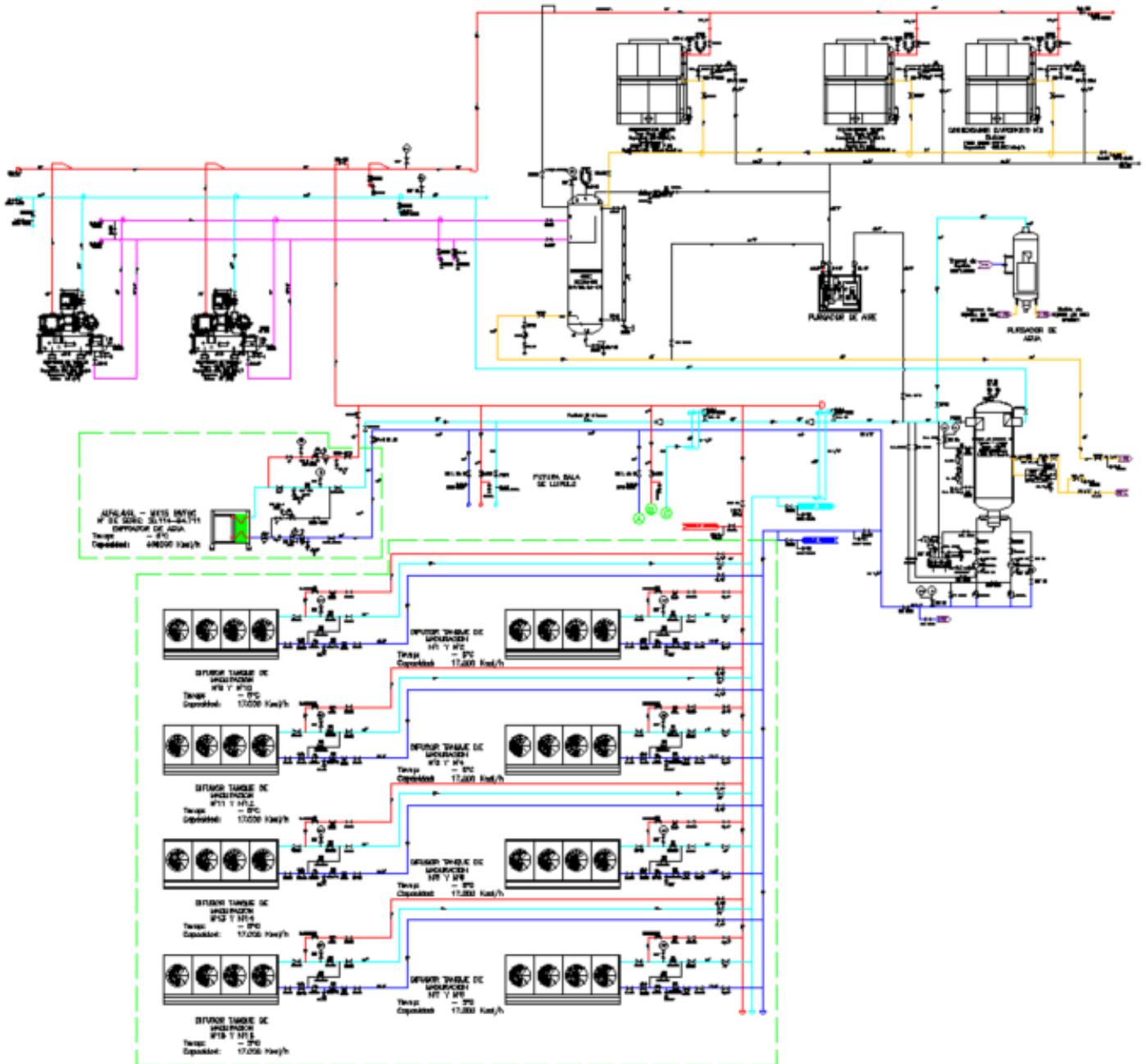
- CENGEL, Yanus y BOLES, Michael. Termodinámica. México. Editorial Mc Graw Hill Interamericana de México S.A. Séptima Edición 2012.
- Phillips Refrigeration. (2011). Anhydrator System Cleaner. Vessels and Systems, WP-13E-03, 40.
- Mayekawa. (2008). Compresor Tornillo Serie V. 04/03/2019, de Mycom Sitio web: [www.mayekawamma.com](http://www.mayekawamma.com).
- CALDERON CANDELA, Jose Yesid y GOMEZ DIAZ, Rafael Leonardo. Análisis y Estudio del Sistema de Refrigeración implementado en la Cervecería Bavaria S.A. de Bucaramanga con el fin de Proponer una Mejora en el Consumo Energético. Trabajo de Grado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2010.
- Danfoss. (06/2015). Válvulas de cierre SVA-S y SVA-L. Folleto técnico, DKRCI.PD.KD1.A8.05/520H6690, 24.
- Danfoss. (06/2017). Sensor de nivel de líquido. Folleto técnico, DKRCI.PD.SC0.C9.05 | 520H11011, 20.
- Evapco. (2002). Piping Evaporative Condensers. Bulletin Piping, 131A, 12.
- IIAR. (2014). Ammonia Refrigeration Piping Handbook. Alexandria: 1001 North Fairfax Street.

- Danfoss. (09/2012). Float Switch. Technical brochure, DKRCI.PD.GD0.A1.02 / 520H5655, 8.
- Frick by Jhonson Controls. (01/2011). Vertical High Pressure Thermosyphon Reciver. EQUIPMENT MANUAL , 120.740-SED , 4.
- Hermetic. (2012). Pump series CNF. Hermetic pumps in the refrigeration industry, 1, 2.

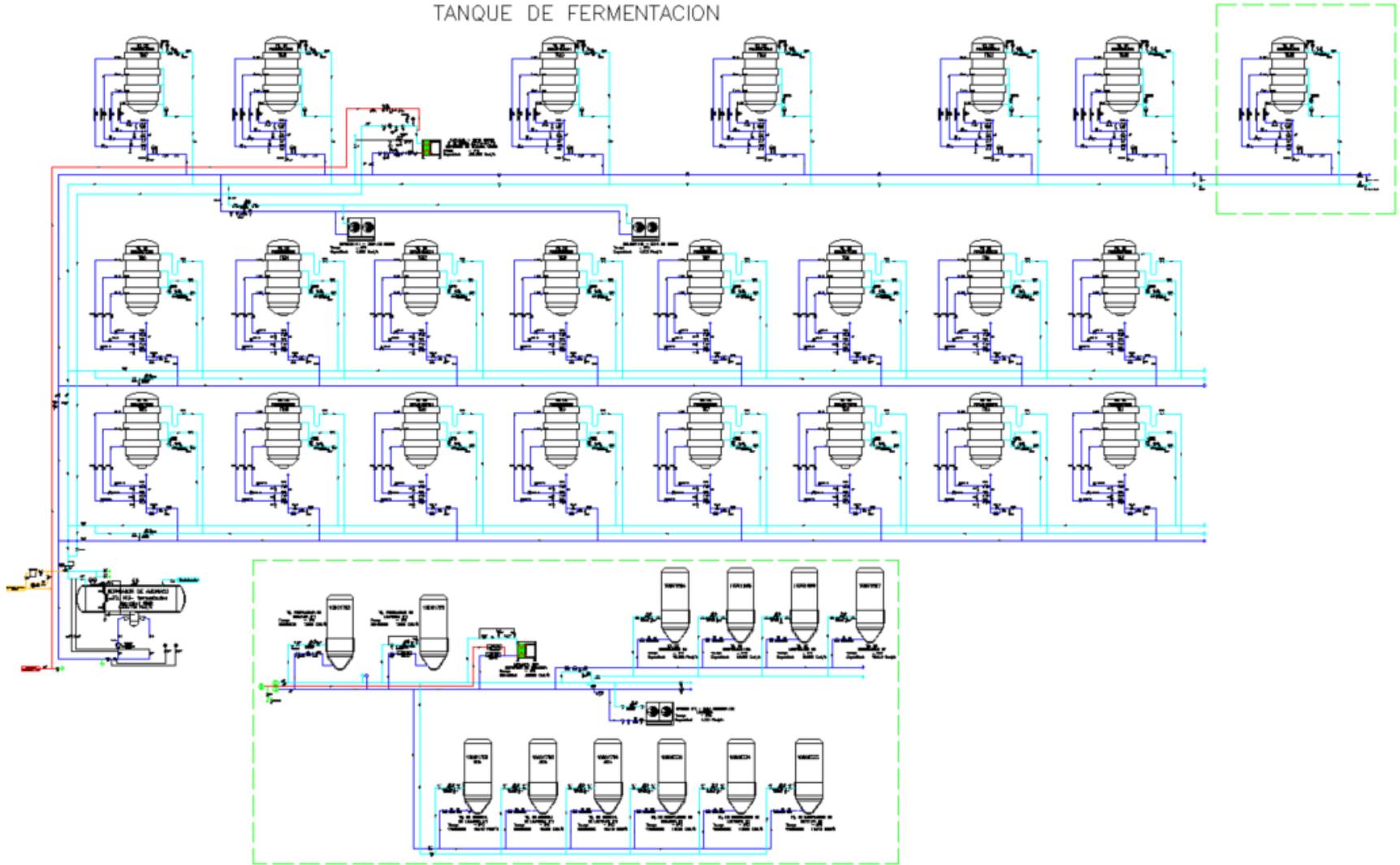
# ANEXOS

## ANEXO N°1: Diagrama de flujo de amoniaco

- ETAPA 1

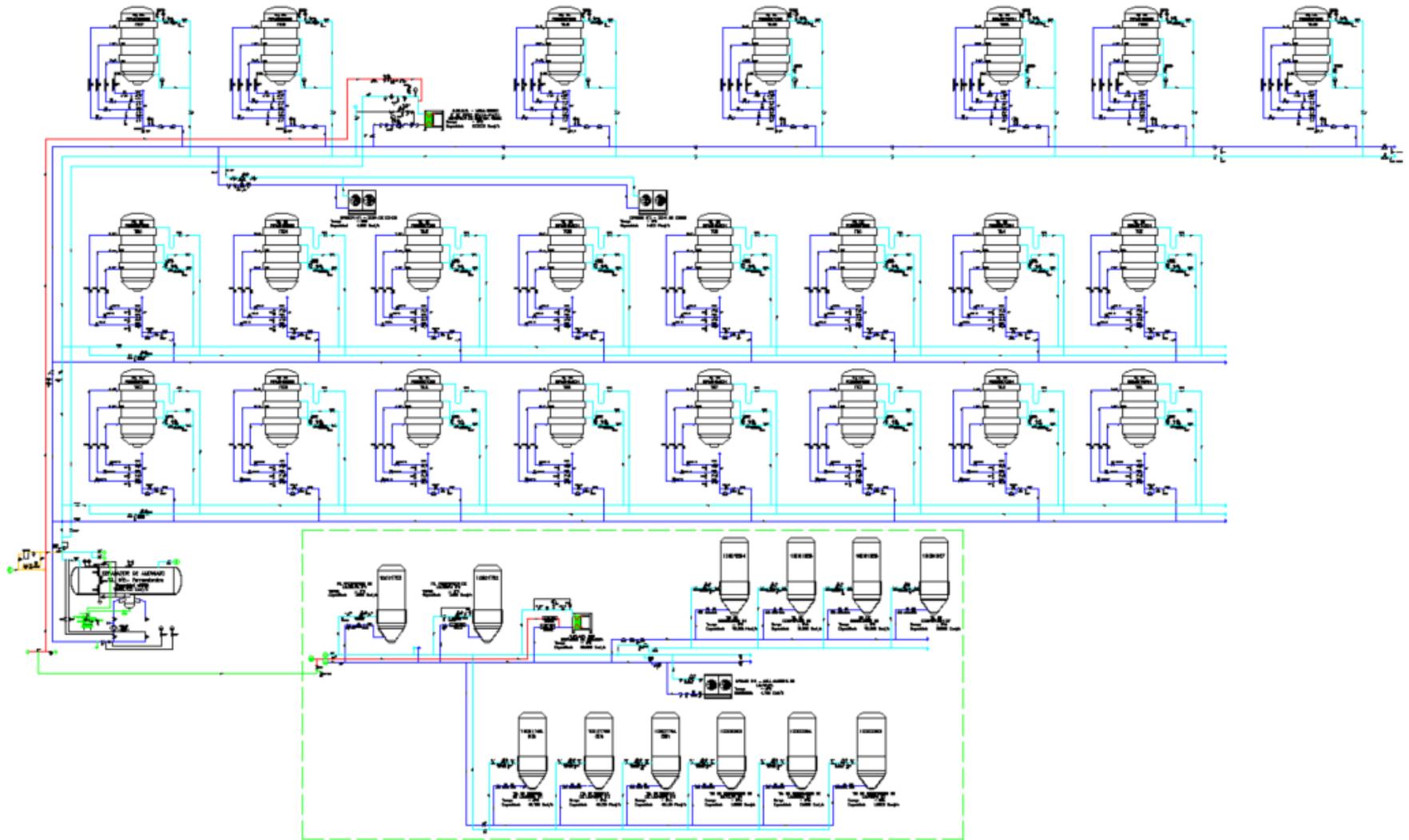


# TANQUE DE FERMENTACION

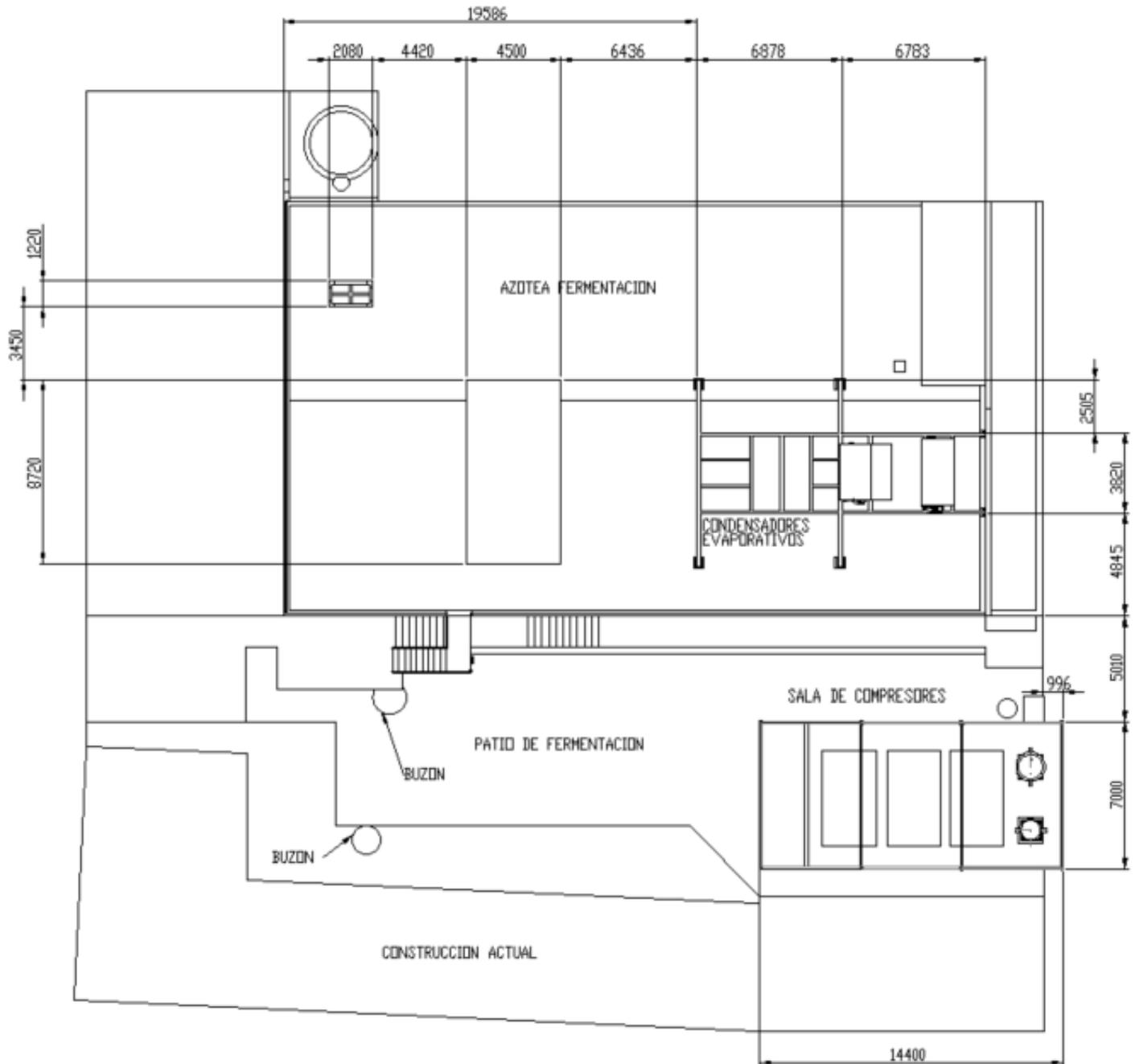




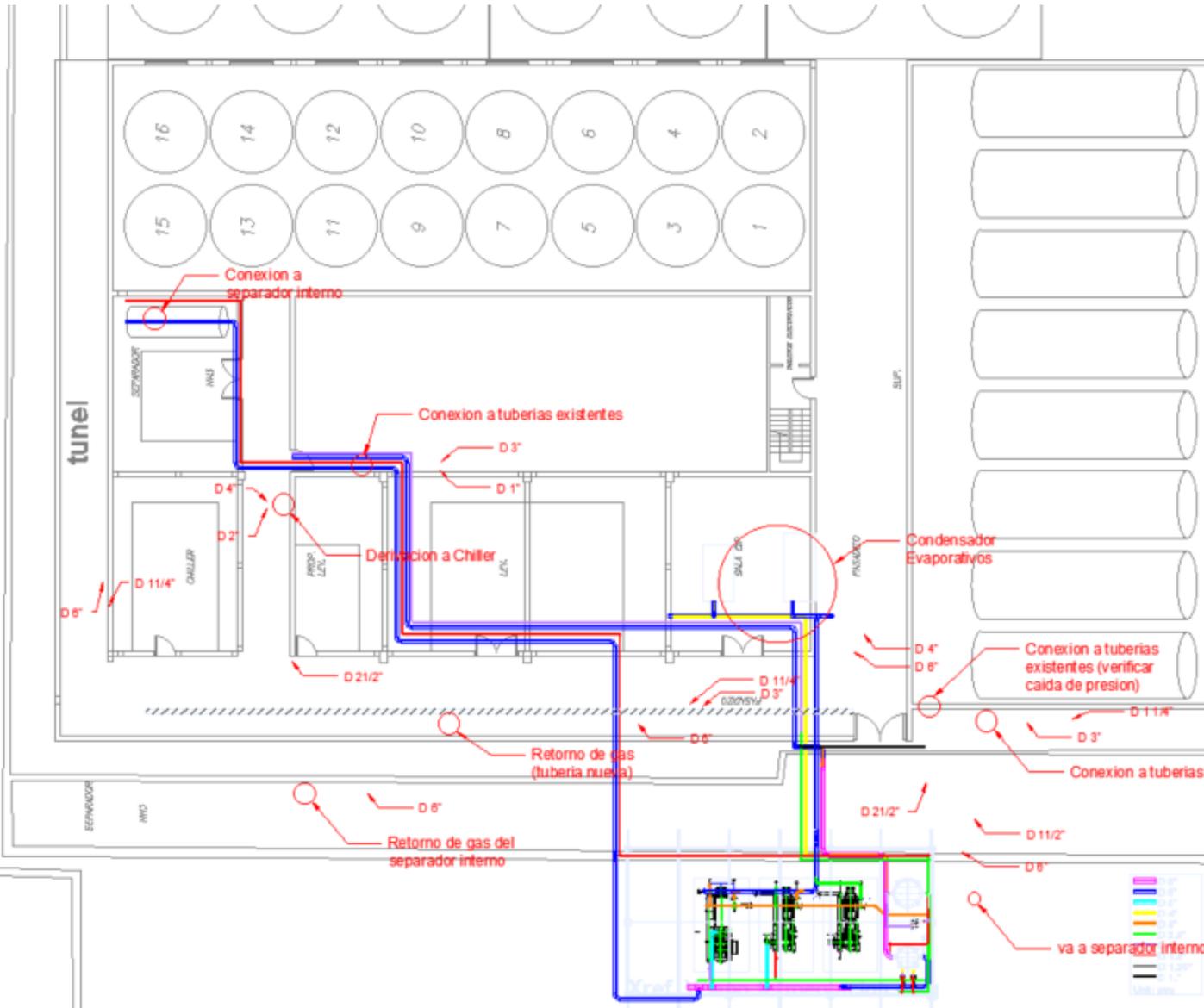
# TANQUE DE FERMENTACION

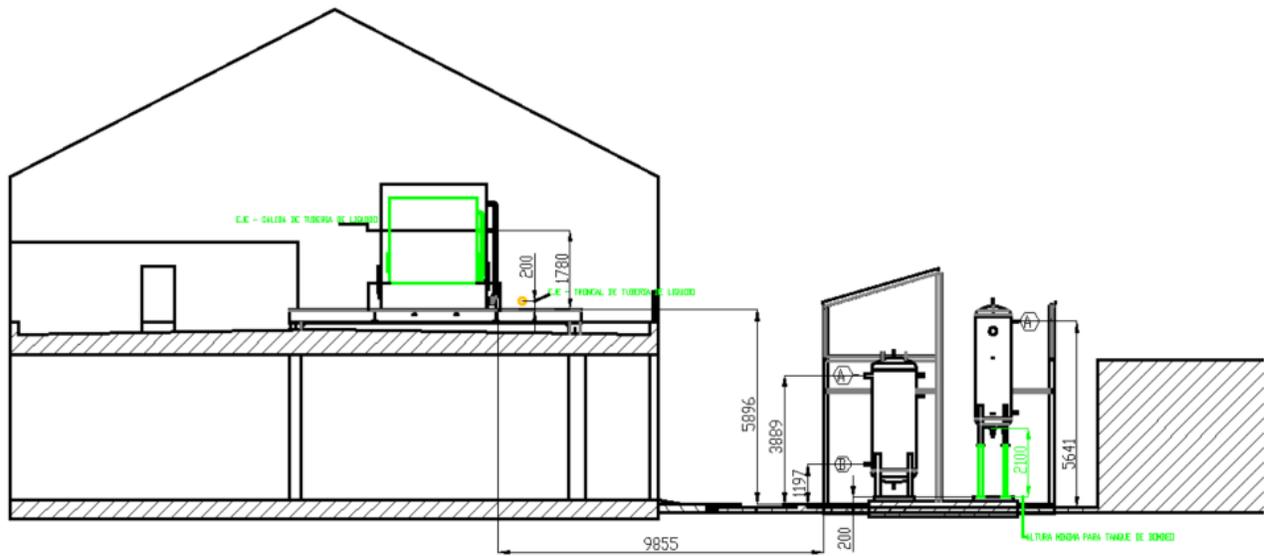
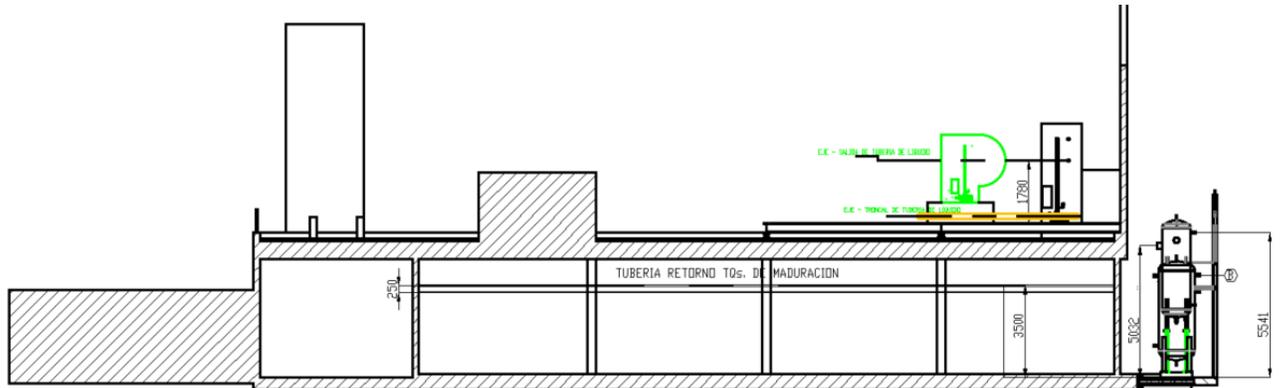


## ANEXO N°2: Layout de ubicación de equipos en sala de máquinas

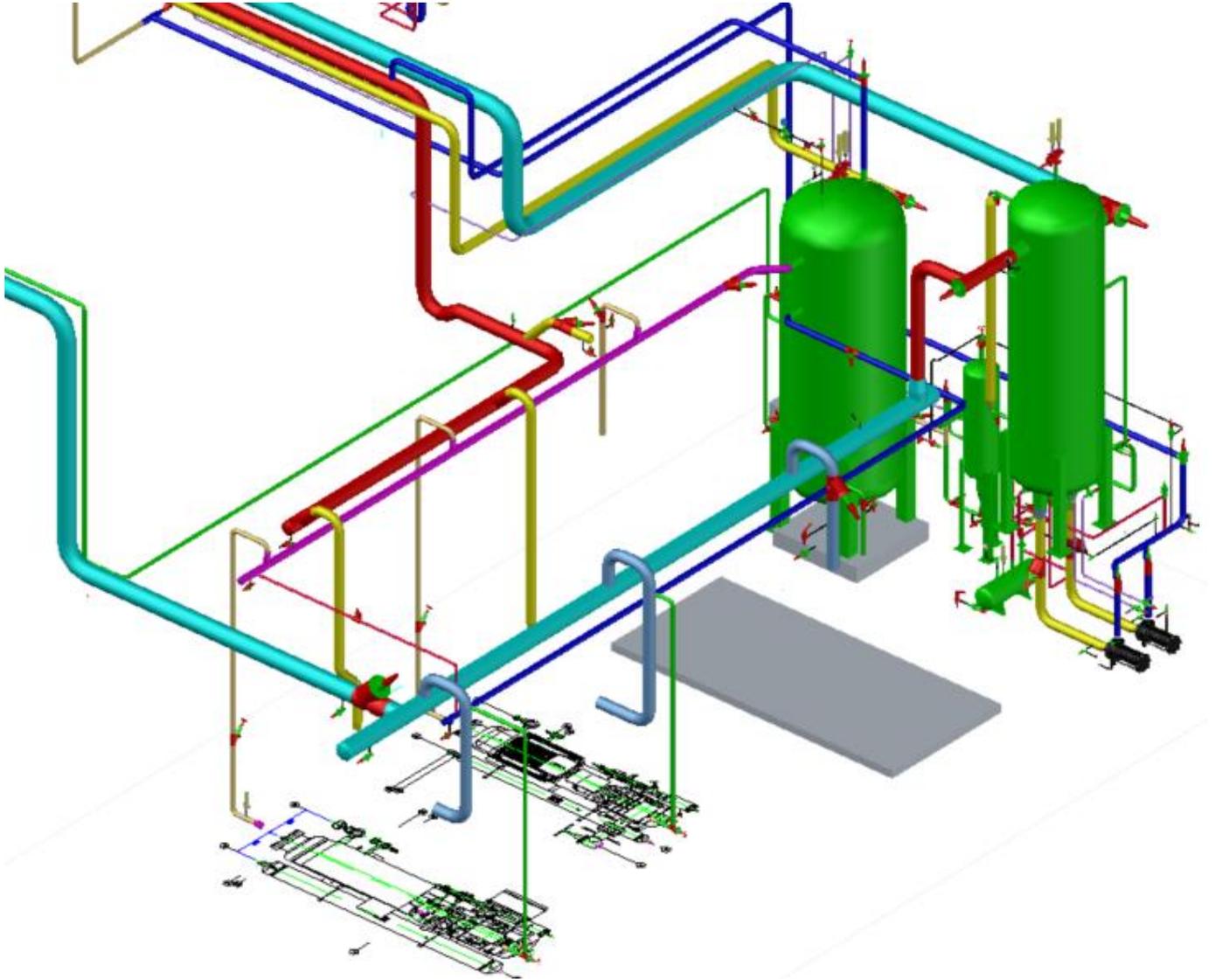


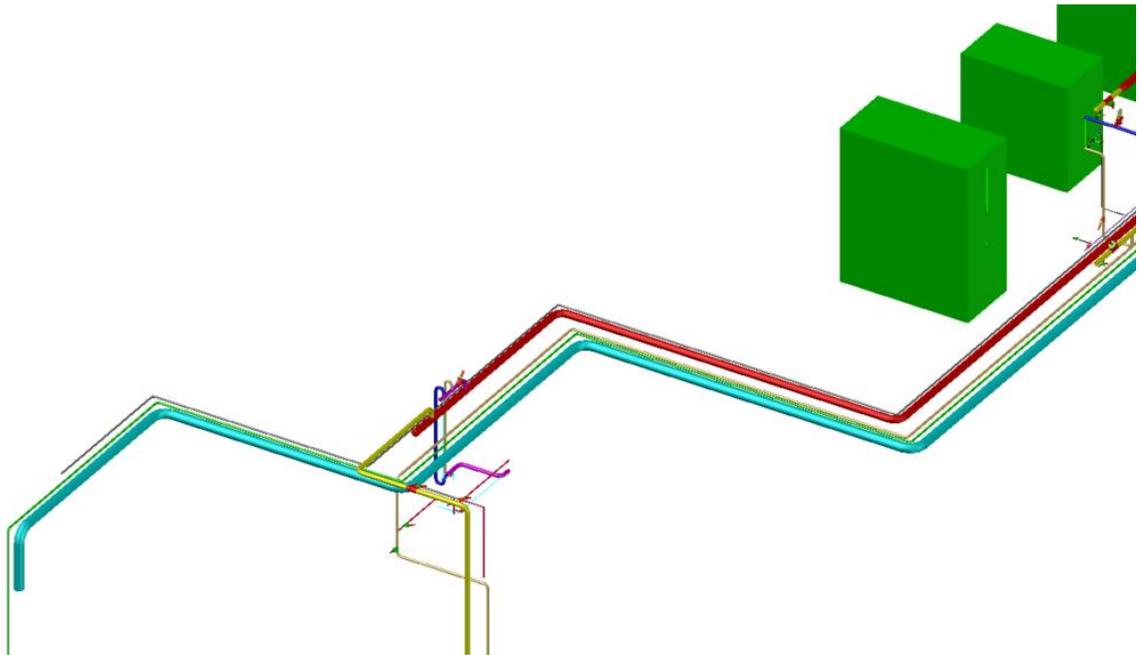
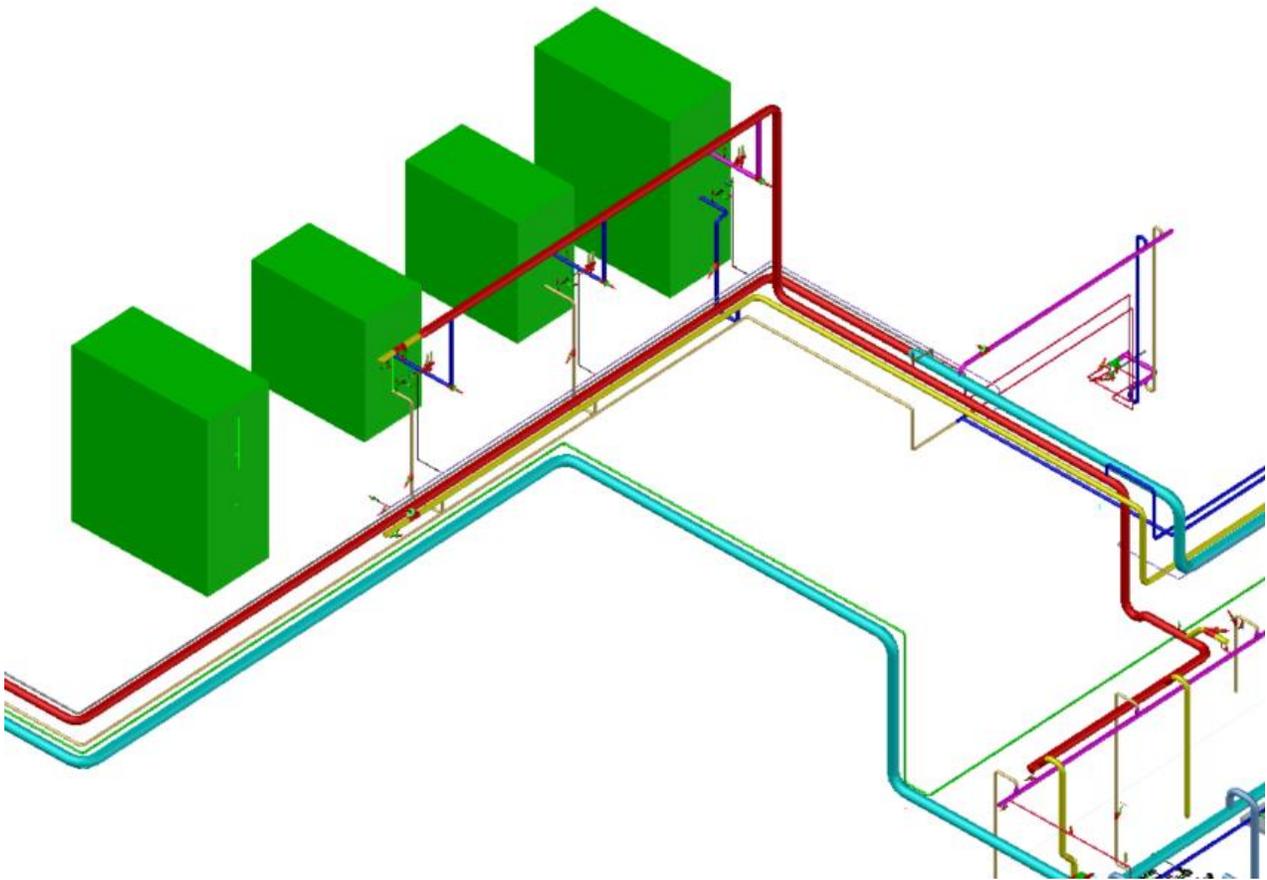
# AREA JARDIN





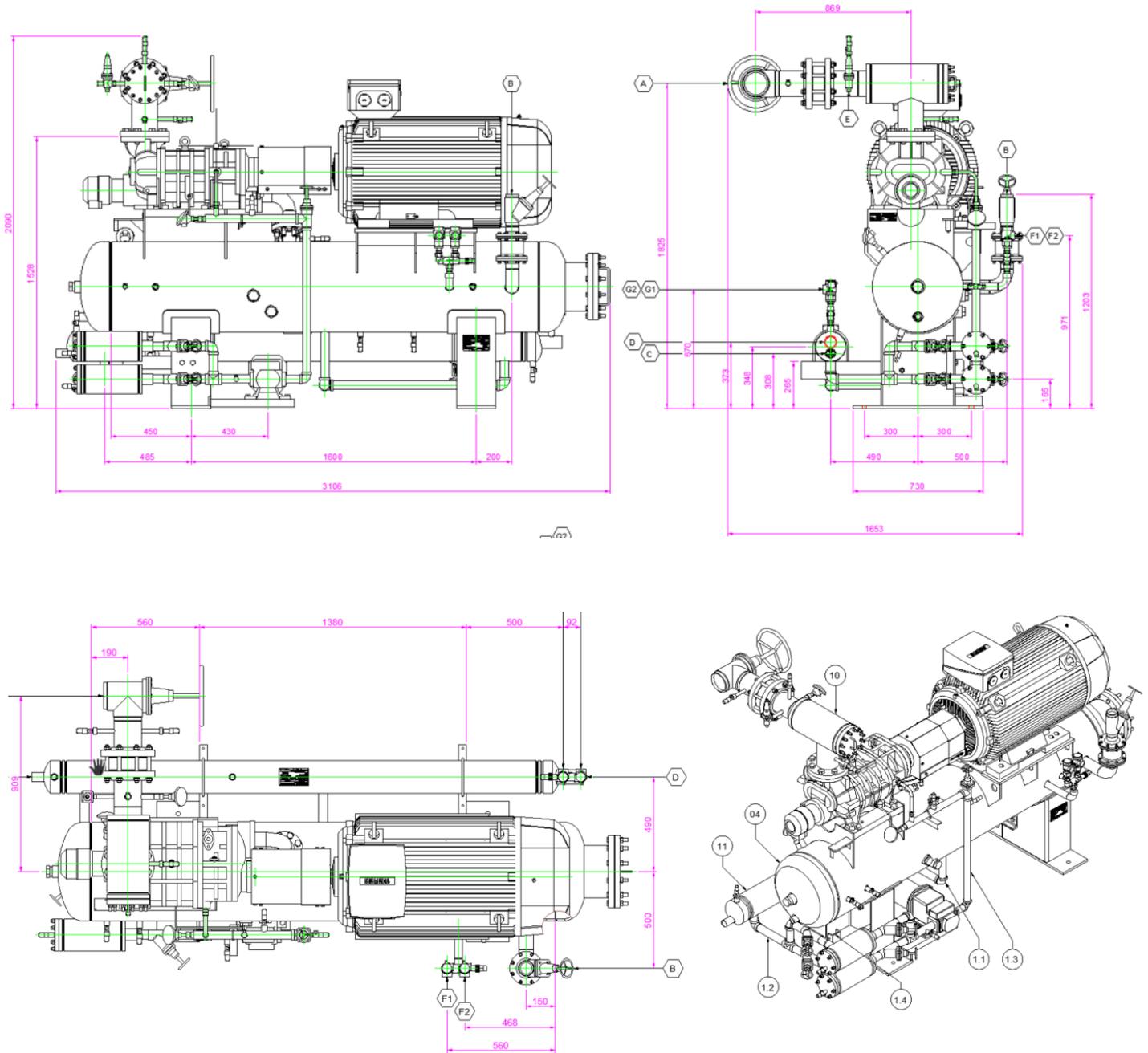
### ANEXO N°3: Isométrico de instalación de tuberías y equipos



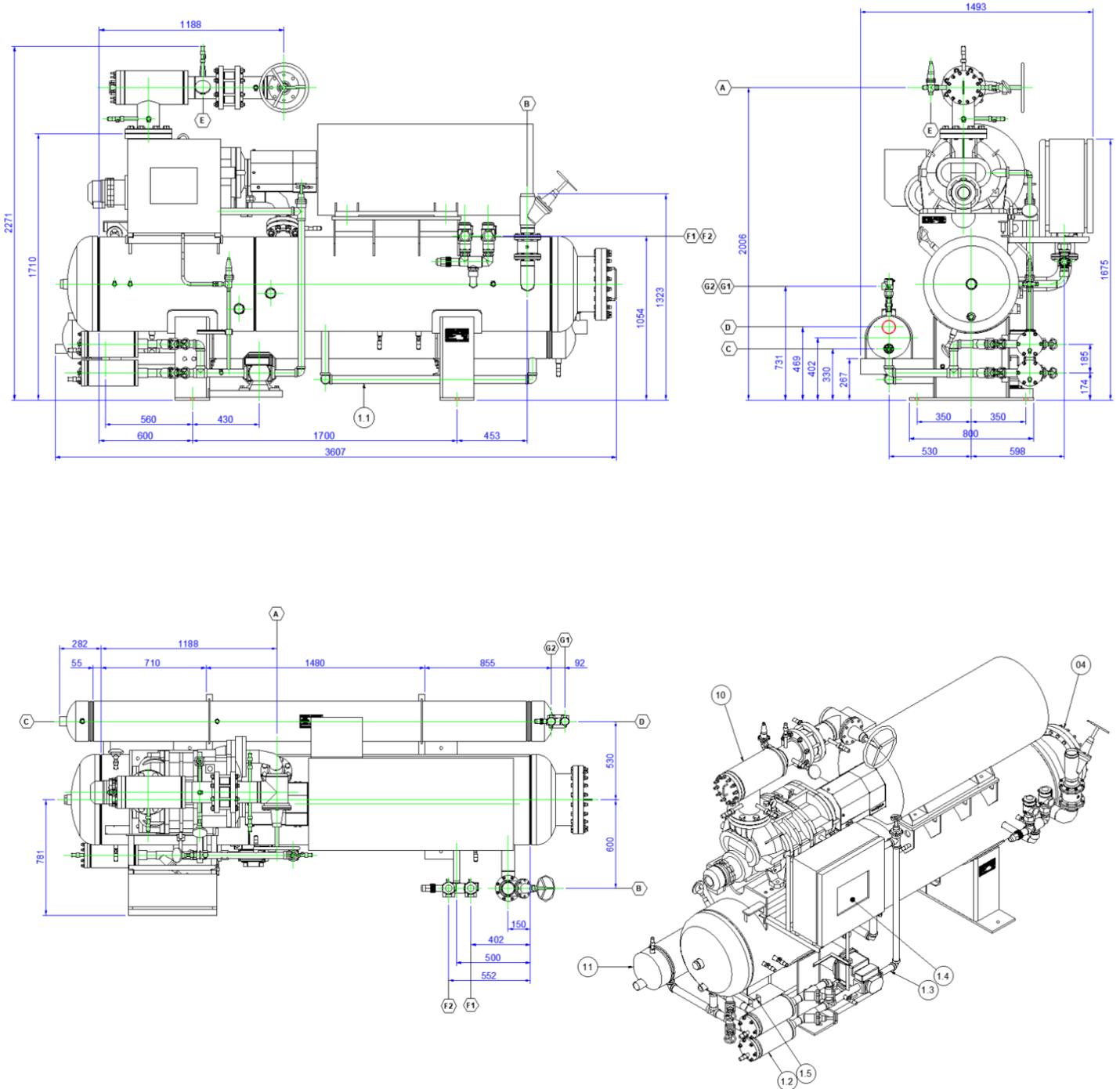


# ANEXO N°4: Plano del compresor de tornillo

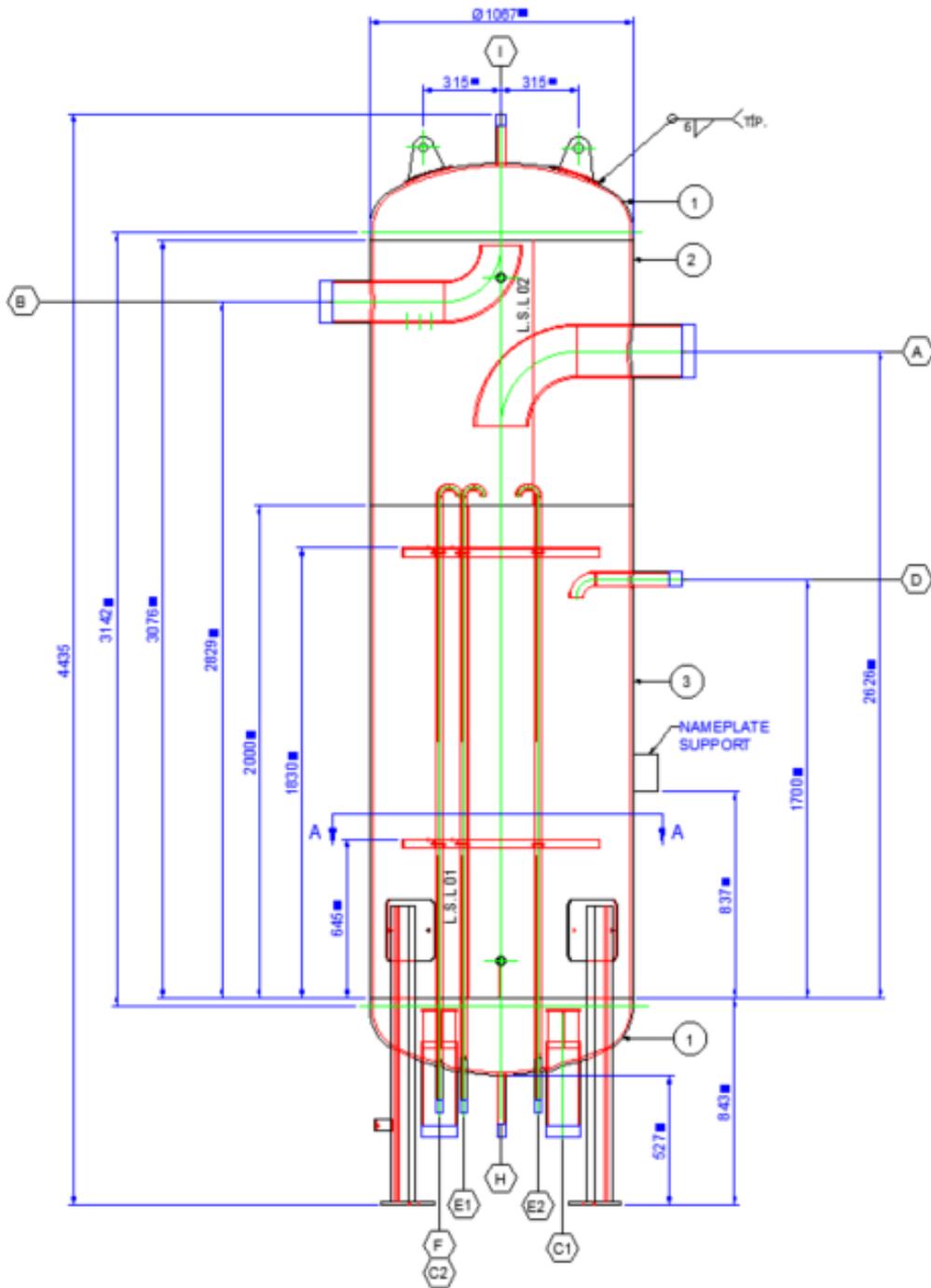
- Compresor de tornillo 160 VLD

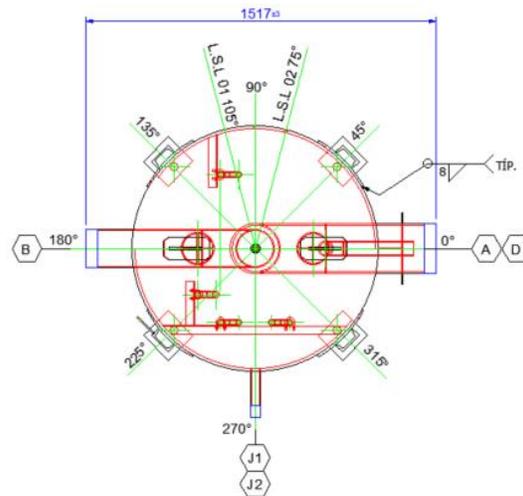
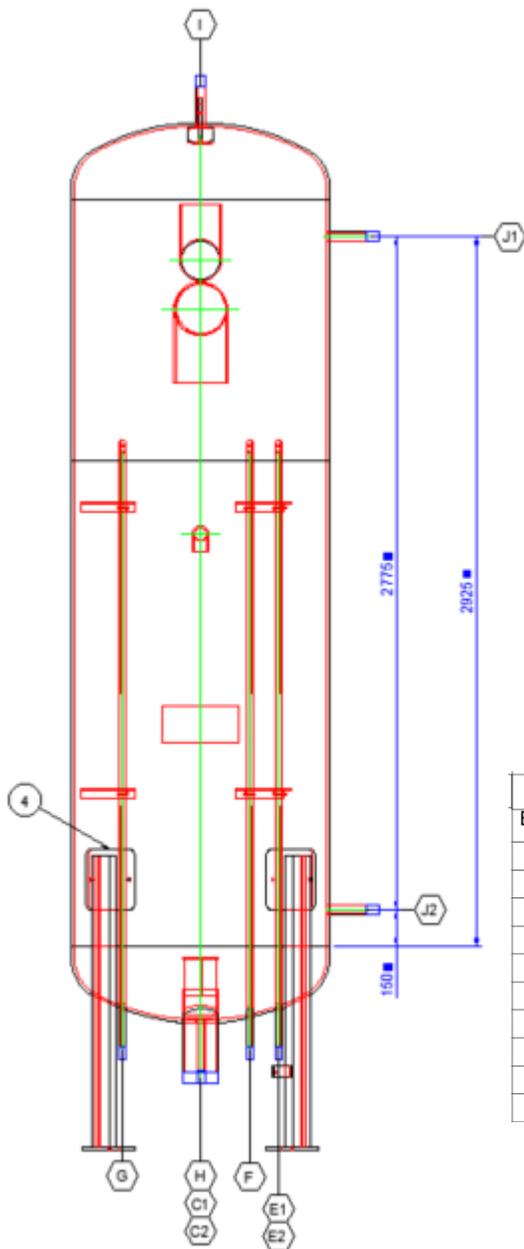


- Compresor de tornillo 2000 VLD



# ANEXO N°5: Plano del tanque de bombeo





LISTA DE BOCAIS (nozzle list)

BOCAL Nozzle	SERVIÇO (service)	DN Nd	NPS nps	CLASSE CLASSE	QT. QTY.
A	ENTRADA DA SUÇÃO (suction inlet)	200	8"	SCH.40	01
B	SAÍDA DA SUÇÃO (suction outlet)	150	6"	SCH.40	01
C1/C2	SUÇÃO DA BOMBA (pump suction)	125	5"	SCH.80	02
D	CARREGAMENTO (makeup)	50	2"	SCH.40	01
E1 / E2	RECIRCULAÇÃO DA BOMBA (pump recirc)	20	3/4"	SCH.80	02
F	BYPASS DA BOMBA (pump bypass)	20	3/4"	SCH.80	01
G	ALÍVIO DE ÓLEO (oil pot vent)	20	3/4"	SCH.80	01
H	DRENO (drain)	25	1"	SCH.80	01
I	ALÍVIO (relief)	32	1.1/4"	SCH.80	01
J1 / J2	COLUNA (column)	32	1.1/4"	SCH.80	02

## ANEXO N°6: Ficha técnica de selección de bomba para amoníaco

**Cliete:** Inycon Peru S.A.C.  
Luis Tovar

**Dirección:** Melitón Carvajal  
51 Lima  
Peru

**Teléfono:** 959435751

**Fax:**

**Correo electrónico:** luis.tovar@inyconperu.com

**HERMETIC-Pumpen GmbH**  
Gewerbestrasse 51  
D-79194 Gundelfingen  
phone +49 761 5830-0  
fax +49 761 5830-280  
hermetic@hermetic-pumpen.com  
www.hermetic-pumpen.com

Fecha: 27/10/2019

### Datos de selección:

#### Instalación frigorífica:

Potencia frigorífica  $Q_D$ : 1075.60 [kW]  
Número de recirculaciones k: 4.0  
Pérdida de carga  $\Delta p$ : 0.300 [MPa]  
NPSH disponible NPSHA: 2.13 [m]

#### Refrigerante:

**R717 (NH3)**

Temp. de evaporación  $T_{op}$ : -5.5 [°C]  
Densidad  $\rho(T_{op})$ : 646.0 [kg/m<sup>3</sup>]  
Calor específico  $c_p(T_{op})$ : 4.587 [kJ/kgK]  
Tensión de vapor  $p_s(T_{op})$ : 0.348 [MPa]

#### Punto de trabajo:

Caudal  $Q_r$ : 18.71 [m<sup>3</sup>/h]  
Altura de impulsión  $H_r$ : 47.35 [m]  
Frecuencia de red  $f_N$ : 60 [Hz]

#### Accesorios:

■ Orificio  $Q_{max}$

### Datos nominales:

#### Bomba:

**CNF 50-200**

Etapas: 1  
Diámetro impulsor  $D_2$ : Ø180.0 [mm]  
Ejecución: Sin inductor  
Caudal  $Q_{opt}$ : 62.82 [m<sup>3</sup>/h]  
Altura de impulsión  $H_{opt}$ : 50.39 [m]  
Diámetro orificio  $Q_{max}$   $D_2$ : Ø23.0 [mm]

#### Motor:

**AGX6.5**

Potencia nominal  $P_1$ : 10.30 [kW]  
Potencia de salida  $P_2$ : 7.40 [kW]  
Frecuencia  $f_N$ : 60 [Hz]  
Velocidad nominal n: 3385 [min<sup>-1</sup>]  
Tensión nominal  $U_N$ : 480±10% [V]  
Intensidad nominal  $I_N$ : 16.0 [A]  
Rel. intens. de arranque  $I_N/I_{N1}$ : 3.7  
Factor de potencia cos  $\varphi$ : 0.77  
Clase de aislamiento: H

### Margen de trabajo:

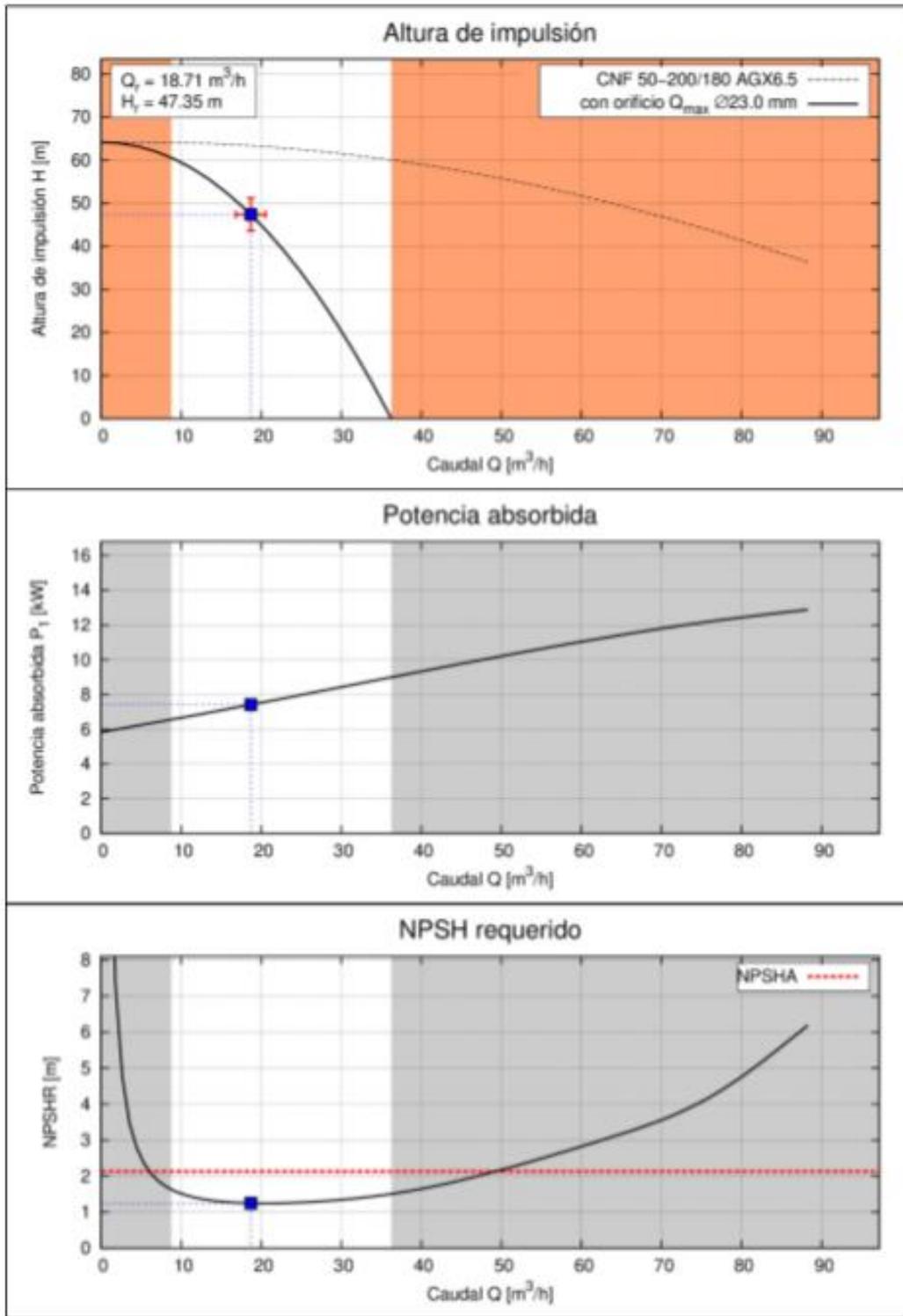
	$Q_{min,ad}$	$Q_r$	$Q_{max,ad}$
Caudal Q:	8.78	18.71	36.26 [m <sup>3</sup> /h]
Altura de impulsión H:	60.52	47.35	0.00 [m]
Potencia absorbida $P_1$ :	6.56	7.41	8.99 [kW]
NPSH requerido NPSHR:	1.63	1.25	1.51 [m]
Velocidad n:	3497	3479	3444 [min <sup>-1</sup> ]

#### Observaciones:

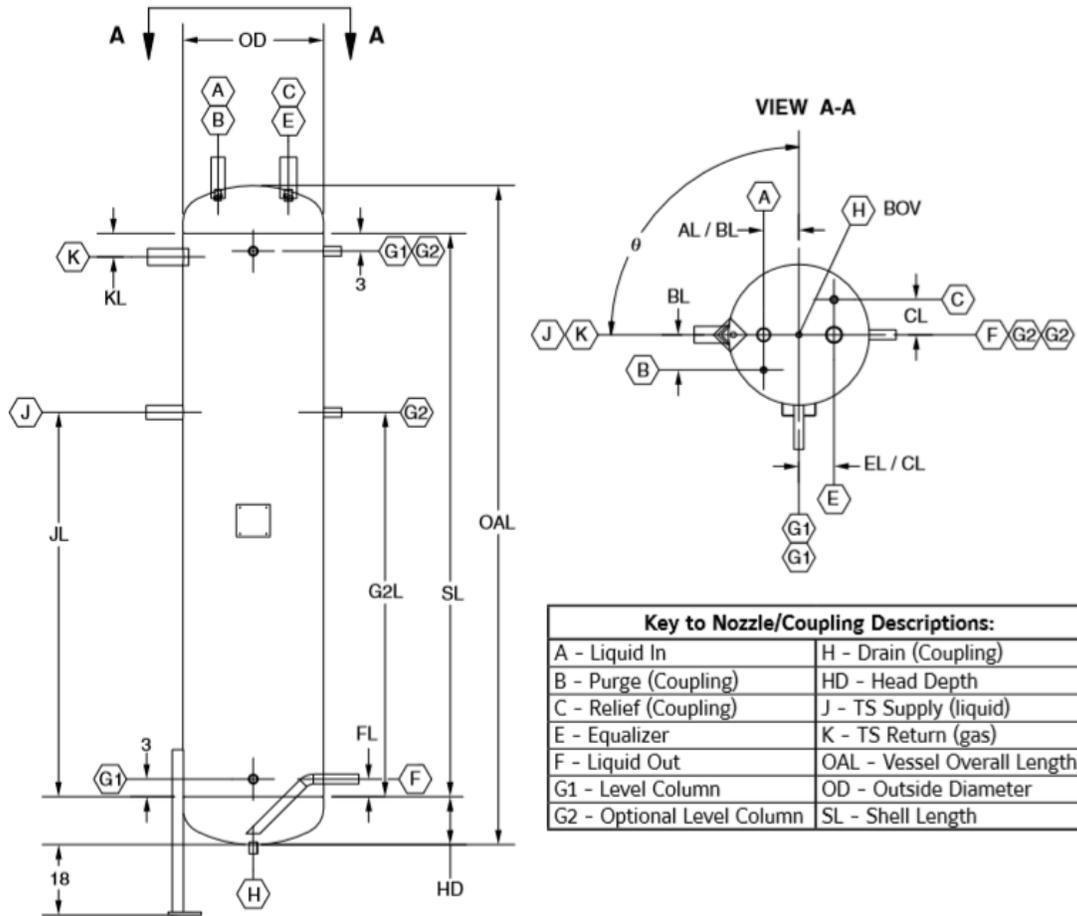
- Observe el margen de trabajo admisible según lo indicado en la curva característica en página 2.
- La selección de bomba será comprobada y confirmada en caso de pedido.
- El tiempo de entrega: 6 semanas

**Curva característica:**

**Hermeti**



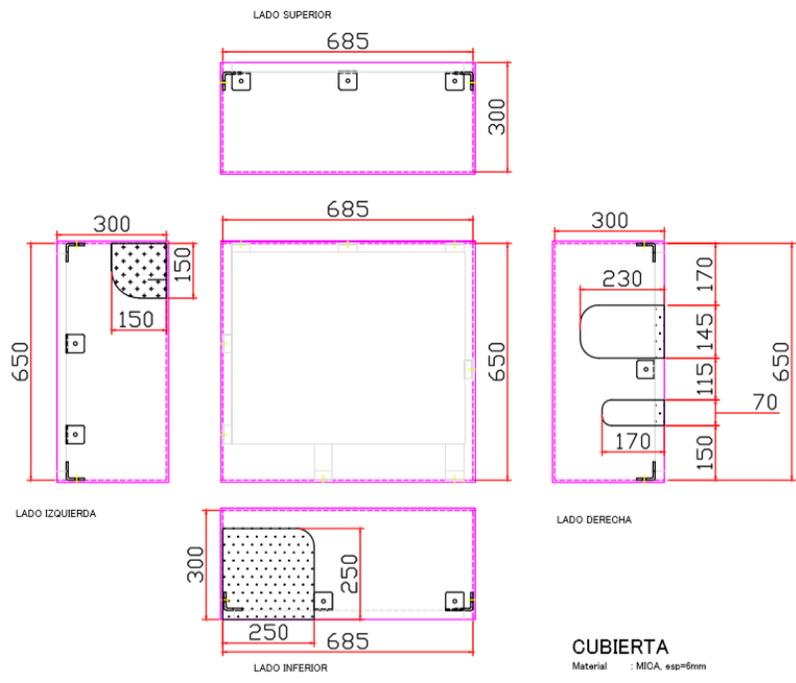
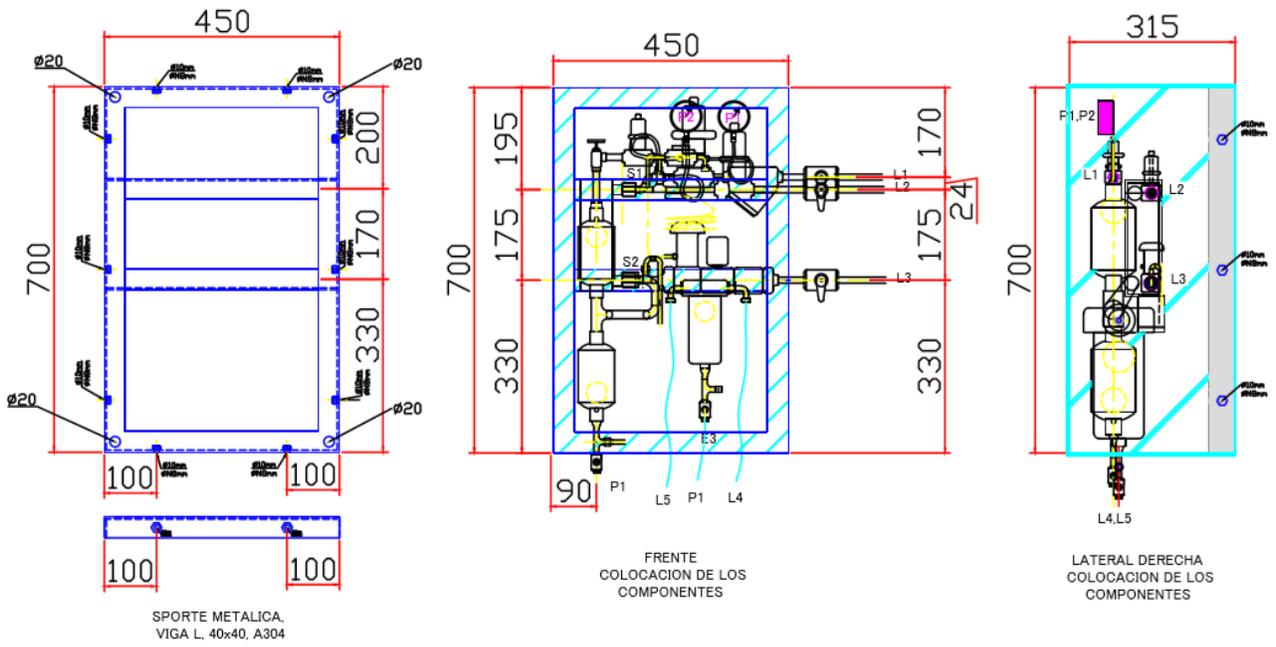
## ANEXO N°7: PLANO DEL TANQUE TERMORECIBIDOR

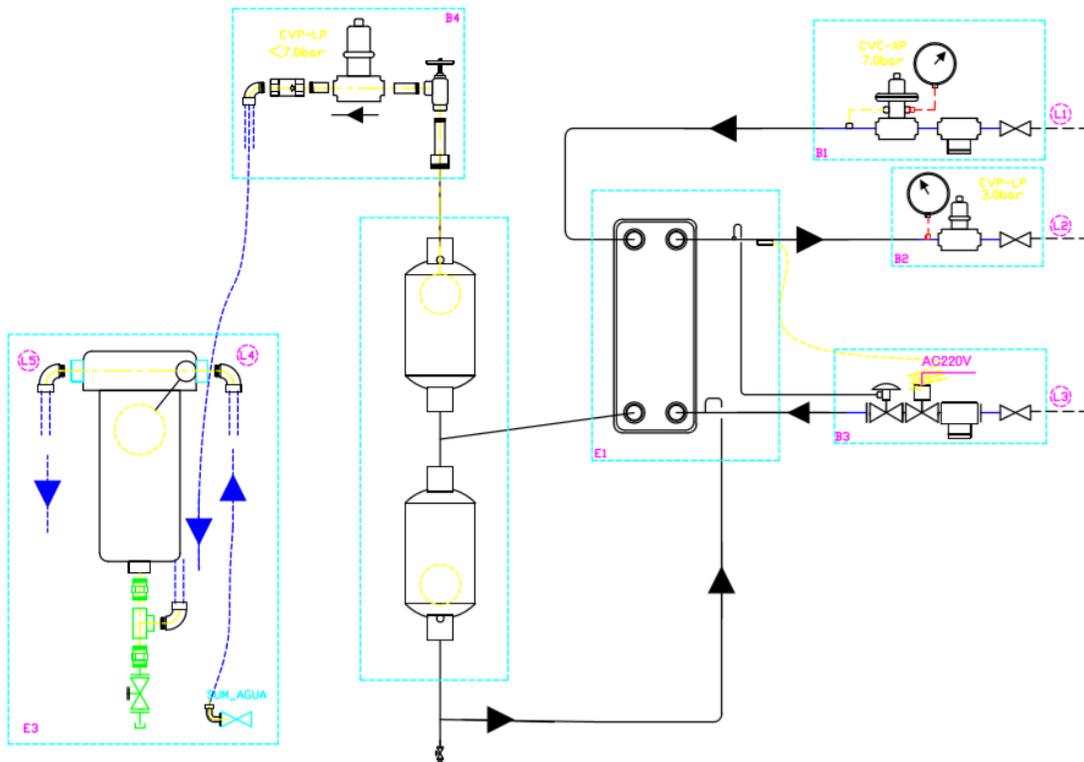


### DIMENSIONAL DATA <sup>(1)</sup>

MODEL NUMBER	Nozzle/ Coupling NPS <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup> <sup>(6)</sup>										AL	BL	CL	EL	FL	JL/G2L	KL
	A	B	C	E	F	G1	H	J	K								
VHPTSR-24-112	2	1/2	3/4	2½	1¼	1¼	3/4	2	2½	6	6	6	6	3	65½	4	
VHPTSR-24-136	2	1/2	3/4	2½	1¼	1¼	3/4	2	2½	6	6	6	6	3	89½	4	
VHPTSR-30-113	2½	1/2	3/4	3	1¼	1¼	3/4	2½	3	7½	7½	7½	7½	3	63½	4	
VHPTSR-30-137	2½	1/2	3/4	3	1¼	1¼	3/4	2½	3	7½	7½	7½	7½	3	87½	4	
VHPTSR-36-116	3	1/2	3/4	4	1½	1¼	3/4	3	4	9	9	9	9	3	63½	4	
VHPTSR-36-140	3	1/2	3/4	4	1½	1¼	3/4	3	4	9	9	9	9	3	87½	4	
VHPTSR-42-119	3	1/2	3/4	4	1½	1¼	3/4	3	4	10½	10½	10½	10½	3	63½	4	
VHPTSR-42-143	3	1/2	3/4	4	1½	1¼	3/4	3	4	10½	10½	10½	10½	3	87½	4	
VHPTSR-48-122	4	1/2	3/4	5	2	1¼	3/4	4	5	12	12	12	12	3	62½	5	
VHPTSR-48-146	4	1/2	3/4	5	2	1¼	3/4	4	5	12	12	12	12	3	86½	5	
VHPTSR-54-125	5	3/4	3/4	6	2½	1¼	1	5	6	13½	13½	13½	13½	4	61½	6	
VHPTSR-54-149	5	3/4	3/4	6	2½	1¼	1	5	6	13½	13½	13½	13½	4	86½	6	
VHPTSR-54-175	5	3/4	3/4	6	2½	1¼	1	5	6	13½	13½	13½	13½	4	111½	6	

# ANEXO N°8: Plano del purgador de aire





### MODELO : PGN-200

#### COMPONENTES (INTERCAMBIADOR & RECIPIENTE)

- E1 INTERCAMBIADOR ALFA NOVA\_ Modelo : 14-20H, CP=7.0bar, EP=-2.0 °C/3.0bar, 0.4kw, 13kg/h
- E2 TQ\_SEPA, Val\_Flotante ARMSTRONG, Modelo : 11-AV, Grvity= 0.5, Orifice=Φ 2mm(19lts/h), CP=7.0bar
- E3 TQ\_Absolucion de NH3 con Agua, Armstrong. (See\_Thru) Modelo : 1-AVC Φ ½", Orific=Φ 3mm, 7.0m3/h

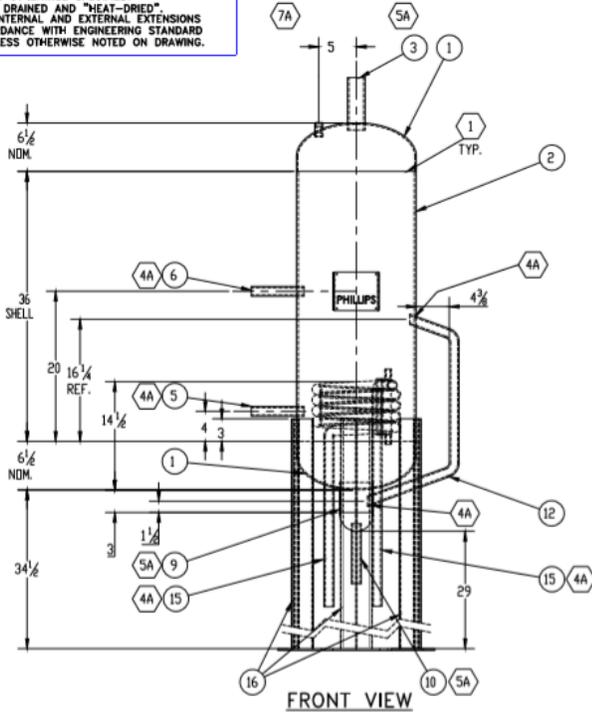
#### BATERIAS & LINEAS

- L1 LINEA SUM\_GAS NON\_CONDENS. ( DE CONDENSADORES). Φ ½ Presion de Condensacion : 12 bar
- B1 + Val\_Bola, A.I. Rosca  
+ Filtro FIA\_15(148B5249)  
+ CVH Φ ½ (027F1090).  
+ CVC-XP (027B0087). Conexion : G ½A-Φ 6.5mm Tubing. (7.0bar).  
+ 04 Access(027B2035)
- L2 LINEA RET\_GAS AL SISTEMA EN Φ ½. Presion menor que < 3.0 bar.
- B2 +Val\_Bola, A.I. Rosca  
+ CVH Φ ½ (027F1090)  
+ CVP-LP (027B1100) (3.0bar)
- L3 LINEA SUM\_LIQUIDO . Φ ½ . Presion de condensacion : 12 bar
- B3 + Val\_Bola A.I. Rosca  
+ Val\_Expansion TEA20-1, 3.5kw, -20 °C/+30°C (068G6137)  
+ 04 Access(027B2035)  
+ Val\_Solenoid EVRA-3, 220V (032F310329)  
+ Bridas\_15 (027N2010)  
+ Filtro FA15 (006-0043)
- B4 + Val\_Ang ≈3/8 PF x ≈3/8 PF, Rosca +  
+ CVH Φ 3/8 (027F1047). Sold  
+ CVP-LP (027B1100) (6.0bar)  
+ Val\_Check, Bola ≈6mm, ≈3/8 PF, Rosca (fabricacion local )
- L4 LINEA SUM\_AGUA. Φ ½. Caudal : 0.1m3/h, 2.0 bar  
+ Val\_Bola A.I. Rosca(PVC)
- L5 LINEA PURGA DE GAS, Φ 10mm . ( al ambiente/ al Agua )  
+ Manguera Plastico

# ANEXO N°9: Plano del purgador de agua

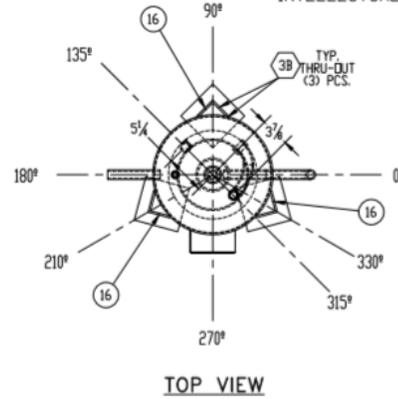
**NOTES:**  
 1. ALL INTERNAL VESSEL SURFACES CLEANED PRIOR TO VESSEL FABRICATION.  
 2. VESSEL (UNLESS STAINLESS STEEL) EXTERIOR IS PAINTED WITH ONE COAT RUST PREVENTATIVE PRIMER AFTER SURFACES ARE CLEANED AND PREPARED.  
 3. ALL PIPE NOZZLES TO EXTEND 6" FROM HEAD OR SHELL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.  
 4. ALL CLOSURES INSTALLED FOR HYDROSTATIC TEST WILL BE IN PLACE FOR SHIPMENT.  
 5. ALL UNITS ARE INCHES UNLESS OTHERWISE NOTED.  
 6. LONGITUDINAL SEAM NO MORE THAN 25' OFF THE VERTICAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.  
 7. VESSEL TO BE DRAINED AND "HEAT-DRIED".  
 8. ALL FITTINGS INTERNAL AND EXTERNAL EXTENSIONS TO BE IN ACCORDANCE WITH ENGINEERING STANDARD BSES04-01, UNLESS OTHERWISE NOTED ON DRAWING.

**SPECIAL INSTRUCTIONS:**  
 1. ALL UG-22 LOADINGS HAVE BEEN CONSIDERED IN THE DESIGN OF THIS VESSEL.  
 2. SPOT X-RAY - ONE SHOT CIRC SEAM



ITEM NO.	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION	FUNCTION
1	2	3-3456	HEAD 16" OD X 1/4" NOM. THK, 2:1 ELLIP, SA516-70 NORMALIZED, BEVELED	HEAD
2	1	3-3539	PIPE 16" S/10(.250) ERW SA53B 36" LG.	SHELL
3	1	3-3512	2" PIPE X 8" LG. S/80 SMLS SA106B	SUCTION
4	1	3-3188-SS	COUPLING 1/2" FULL THRD. 3000# SA182-304/304L	RELIEF
5	1	3-3506	PIPE 1" S/80 SMLS SA106-B 8" LG.	FLOAT CONNECTION
6	1	3-3506	PIPE 1" S/80 SMLS SA106-B 8" LG.	FLOAT CONNECTION
9	1	3-3518; 3-3078	PIPE 4" S/40(.237) SMLS SA106B 4" LG.; CAP WELD 4" S/40 SA234	SUMP
10	1	3-3506	1" PIPE S/80 SMLS SA106B 8" LG.	DRAIN
12	1	3-3506	1" PIPE X 40" LG. S/80 SMLS SA106B MITERED BOTH ENDS @ 70°	LEVEL TUBE
15	1	3-90099	1" PIPE S/80 SA-106-B SMLS	ANHYDRATOR COIL
16	3	3-3008; 3-3028	ANGLE IRON 3" X 3" X 1/4" SA36 44" LG.; 6" X 6" X 1/4" THK PLATE SA-36	LEGS
17	1	TOUCH-UP PAINT	12 OZ. CAN OF TOUCH UP PAINT	TOUCH-UP PAINT
14	1	3-B11731-L; 3-A14206	BRACKET NAMEPLATE 5-3/4" x 5-1/8" x 1/2" x 12GA x 304SS; 5" STANDOFF; NAMEPLATE 4-7/8" x 5-1/2" x 304SS	NAMEPLATE

NOTE: INTERNAL COMPONENTS NOT CONNECTED TO PRESSURE BOUNDARY OMITTED TO PROTECT INTELLECTUAL PROPERTY.



TOP VIEW